



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Karel Tops

**POOLAUTOMAATNE VÄLIKAABLI KERIMIS- JA
HOOLDUSMEHHANISM**

**SEMI-AUTOMATIC WINDER AND MAINTENANCE
MECHANISM FOR ARMY CABLE**

Magistritöö
Tootmistehnika õppekava

Juhendajad: nooremteadur Vahur Rooni, MSc

Tarmo Aia, BSc

Gunnar Manglus

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Karel Tops		Õppekava: Tootmistehnika	
Pealkiri: Poolautomaatne välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanism			
Lehekülgi: 50	Jooniseid: 29	Tabeleid: 6	Lisasid: 55
<p>Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika</p> <p>ETIS-e teaduseriala: 4.14. Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>CERC S-i kood: T130, T330</p> <p>Juhendajad:</p> <p>nooremteadur Vahur Rooni, MSc</p> <p>Tarmo Aia, BSc</p> <p>Gunnar Manglus</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018</p>			
<p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli projekteerida poolautomaatne välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi prototüüp, mida Eesti Kaitseväge saaks kasutada igapäevases tegevuses. Töö esimese osas antakse ülevaade Eesti Kaitseväes kasutuses olevate välikaablite ja kerismehhanismide kohta. Töö teises osas on toodud välja tehnilised lahendused mooduli koostamiseks. Arvutati välja, millise võimsusega mootorit on vaja rakendada ning missugust ülekannet moodul peaks kasutama. Projekteeriti vastav mehhanism välikaabli suunamiseks. Projekteerimise käigus koostati kaks hooldusmehhanismi prototüüpi. Prototüüpide projekteerimise protsessi käigus selgus, kuidas muuta hooldusmehhanismi efektiivsemaks ja kasulikumaks. Kokkuvõtteks leiti mooduli võimalikud kasutamise viisid nii maastikul kui ka sõidukil ning arvutati ligikaudne kulu mooduli prototüübi koostamiseks.</p>			
Märksõnad: moodul, suunamis, hooldus, Eesti Kaitseväge, välitelefonivõrk			

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master’s thesis	
Author: Karel Tops		Speciality: Production Engineering	
Titel: Semi-automatic winder and maintenance mechanism for army cable			
Pages: 50	Figures: 29	Tables: 6	Appendixes: 55
Chair: Biosystems Engineering Field of research: 4. Natural sciences & Engineering Scientific field: 4.14. Production Technology & Production Management CERC S code: T130, T330 Supervisors: Vahur Rooni, MSc Tarmo Aia, BSc Gunnar Manglus Place and date: Tartu, 2018			
The aim of this Master's thesis is to find out the necessity for a semi-automatic winder and maintenance mechanism for an army cable used by the Estonian Defence Forces and to design the corresponding device. This thesis gives an overview of existing army cables and army cable winding mechanisms in the Estonian Defence Forces. The project outlines technical solutions for the module and explains with calculations of how powerful engine the module needs to be, as well as what kind of gear the module should use. For the corresponding module, a routing mechanism was designed. Two prototypes of maintenance mechanism were constructed. During the construction of these prototypes, it became clear how to make the maintenance mechanism more efficient and beneficial. As a result, it outlined how to use the module on the terrain and in the vehicle and the approximate cost to construct the prototype of the module.			
Keywords: module, routing, maintenance, Estonian Defence Forces, telephone network			

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
TOOTELE KEHTIVAD SEADUSED	7
1. EESTI KAITSEVÄES KASUTUSES OLEVAD VÄLIKAABLIID	8
1.1. Välikaablite mudelid.....	8
1.2. Kaablipooli rakmed	9
1.3. Poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi projekteerimine	10
2. RAAMI KONSTRUKTSIOON	12
2.1. Raami profiili ja materjali valik.....	12
2.2. Raami detailide lõikamine, painutamine, puurimine ja keevitamine	13
2.3. Raami simulatsioon	13
2.4. Põhjakinnitus	15
2.5. Põhjakinnituse simulatsioon	16
3. MOOTORI VALIK JA ÜLEKANDEMEHCHANISM.....	18
3.1. Mootori arvutused ja valik.....	18
3.2. Kettülekande arvutused ja valik	24
3.3. Ülekande mehhanism	28
4. SUUNAMISMEHCHANISM	31
5. HOOLDUSMEHCHANISM	34
5.1. Hooldusmehhanismi materjal ja meetootika	34
5.2. Hooldusmehhanismi prototüüp.....	36
6. POOLAUTOMAAT VÄLIKAABLI KERIMIS- JA HOOLDUSMEHCHANISMI KOOST	40
7. HINNAANALÜÜS	42
KOKKUVÕTE.....	44
KASUTATUD KIRJANDUS	46
SUMMARY	48
LISAD	50

SISSEJUHATUS

Eesti Kaitseväes kasutatakse kolme sidepidamise viisi: raadioside, traatside ja alternatiivside [1].

- 1) Raadioside - informatsiooni edastamine raadiolainete vahendusel. Raadioside toimub raadiosaatja ja ühe või enama raadiovastuvõtja vahelise sideliini kaudu [2].
- 2) Traatside – informatsiooni edastamine traadist elektrijuhtmete kaudu [3].
- 3) Alternatiivside – jaotatakse omakorda kolme meetodisse: kullerside ehk virgatsside, signaalside ja tsiviilside [1]. Kasutatakse vajadusel, kui puudub raadioside ja traatside.

Eesti Kaitseväe jaoks on kõik kolm sidepidamise viisi olulised. Vajaminevat tehnikat tuleb vastavalt side meetodile pidevalt arendada ja moderniseerida. Käesolevas projektis arendati traatside süsteemi.

2015. aastal vahetusid Eesti Kaitseväe kasutuses olnud välitelefonivõrgu kaablipoolid uuemate vastu. Uuemad kaablipoolid olid läbimõõdult kaks korda suuremad võrreldes seniste kaablipoolidega. Ühele kaablipoolile sai kerida kuni kilomeeter välikaablit. Uutele kaablipoolidele üleminek vähendas kaasaskantavate kaablipoolide arvu. Uutel kaablipoolidel olid erinevad kabariitmõõtmed võrreldes vanade saksa kaablipoolidega. Tulenevalt sellest tekkis vajadus tellida kaablipoolide kandmiseks ka uued rakmed. Nendega sai maastikul jalgsi välikaablit vedada ja kokku kerida. Kuna need olid ainukesed rakmed, hakati neid kasutama ka muude tööde tegemisel. Näiteks, välikaabli ümberkerimisel ja puhastamisel ning Mercedes-Benz UNIMOG sõiduki kastist välikaabli paigaldamisel ja kokku kerimisel. Pidev rakmete kasutus põhjustas deformatsioone, mille tõttu nende kasutusega lühenes.

Käesoleva magistritöö eesmärk on projekteerida poolautomaatne välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi prototüüp, mis tagab mugava ja kiire välikaabli paigalduse maastikul. Kaablipooli moodul peab olema osaliselt automatiseeritud. Ühelt poolt kasutab ta töötamiseks sõiduki aku pinget, kuid teise poolt tuleb säilitada võimalus välikaabel käsitsi kokku ja lahti kerida. Kaablipooli mooduli projekteerimisel on oluline see, et see oleks piisavalt kerge, mis võimaldab selle kasutamist maastikul inimese poolt nii, et ta saaks vastavalt vajadusele seda kiiresti liigutada.

Eesti Kaitseväes kasutuses olevad välikaablid on pärit alates 60ndatest aastatest. Tsiviilotstarbes kasutatakse välikaableid rohkem statsionaarselt. Välikaabel laotatakse kahe punkti vahel maha ja jäetakse sinna niikauaks kuni on vaja paigaldada uus välikaabel. Eesti Kaitseväge kasutab aga ühte välikaablit korduvalt. Pärast igat kasutuskorda hooldatakse välikaabel, mis on võimaldanud siiani omakorda pikendada kasutusega. Eesti Kaitseväel on vajadus välikaabli hooldusmehhanismi jaoks, kuid senini pole mehhanismi väljatöötatud. Selle tulemusena enne välikaabli ümberkerimist tühjale kaablipoolile, on moodulile paigaldatud hooldusmehhanism, mis tagab puhastatud välikaabli kerimise tühjale poolile. Kaablipooli pealekerimisel on oluline, et välikaabel saaks ühtlaselt pooli peale keritud. Seega tuleb lisada moodulile ka välikaabli suunamismehhanism.

Käesolevas magistritöös kasutati projekteerimisel Geomagic/Alibre Design tarkvara ja simulatsiooni tegemiseks Solidworks 2014 Simulatsioon ja Ansys tarkvarasid.

TOOTELE KEHTIVAD SEADUSED

Eesti Vabariigis toodetud toodetele kehtib seadus „Toote nõuetele vastavuse seadus“. Antud seaduse §2 lõige 4 kajastab: „Käesolevat seadust ei kohaldata riigikaitset ja riigi julgeolekut käsitlevale tehnilisele normile ja standardile.“ [4].

Eesti Vabariigis kehtib toodetele ka „Seadme ohutuse seadus“. Antud seaduse §2 lõige 3 punkt 1 kajastab: „Käesolevat seadust ei kohaldata vahendile, seadmele, süsteemile, nende osadele, nendega seotud varustusele ja spetsiaalsele komponendile, sealhulgas ainele, materjalile, tarkvarale ja tehnoloogiale, mis on projekteeritud, valmistatud, määratud või kohandatud sõjalisel otstarbel kasutamiseks või mida kasutatakse sõjalisel otstarbel, ning relvale.“ [5].

Eesti Vabariigis kehtiv „Jäätmeseadus“, kus §26 lõige 10 kajastab „Käesoleva paragrahvi lõigete 1–5 ja 8, §-de 26¹, 26², 26⁴ ja 27 sätteid ei kohaldata nendele elektri- ja elektroonikaseadmetele ning patareidele ja akudele, mis on seotud esmatähtsate julgeolekuhuvide kaitsmise, relvade, laskemoona ja sõjatarvikutega, välja arvatud elektri- ja elektroonikaseadmed ning patareid ja akud, mis ei ole spetsiaalselt määratud sõjaliseks otstarbeks, ning patareid ja akud, mis ei ole spetsiaalselt määratud kasutamiseks seadmetes, mis saadetakse kosmosesse.“ [6].

Eelpool nimetatud seadustest lähtuvalt on kaitsetehnikale või sõjaliseks otstarbeks mõeldud tehnikale esitatud minimaalsed nõuded. Järelikult eelnevalt mainitud seadused ei rakendu käesoleva magistritöö raames projekteeritavale seadmele.

1. EESTI KAITSEVÄES KASUTUSES OLEVAD VÄLIKAABLIID

1.1. Välikaablite mudelid

Eesti Kaitseväes kasutatakse kolme tüüpi välikaablite mudeleid: kerge välikaabel P-274, moderniseeritud kerge välikaabel P-274M ning kerge välikaabel LYF-2 [7].

Tabel 1.1. Välikaablite P-274, P-274M ja LYF-2 informatsioon [7].

Välikaabel	P-274	P-274M	LYF-2
Koosneb	Kahest voolu juhtivast soonest	Kahest voolu juhtivast soonest	Kahest voolu juhtivast soonest
Soon koosneb	Neljast vasktraadist ja kolmest terastraadist	Neljast vasktraadist ja kolmest terastraadist	Neljast vasktraadist ja kolmest terastraadist
Soone läbimõõt	0,3 mm	0,3 mm	0,3 mm
Isoleerkiht	polüetüleenisolatsioon	polüetüleenisolatsioon	polüetüleenisolatsioon
Isoleerkihi paksus	0,4 kuni 0,5 mm	0,4 kuni 0,5 mm	0,6 kuni 0,7 mm
Teine isoleerkiht	Kapron kiht	polüetüleenkaitsekiht	polüetüleenkaitsekiht
Teise isoleerkihi paksus	0,15 mm	0,15 mm	0,25 mm
Ühe soone paksus	2,3 mm	2,3 mm	3,3 mm
Välikaabli takistus 500 m kohta	50 Ω	50 Ω	50 kuni 60 Ω



Joonis 1.1. Kerge välikaabli P-274M ristlõike joonis [7].

Üks kilomeeter kergest välikaablit P-274M kaalub 16 kg ja maksimaalne tõmbetugevus kaablil on 80 kg. Välikaablit toodetakse 500 m lõikudena. (Joonis 1.1.) [7]. Käesolevas projektis koostatakse mehhanismid vastavalt P-274 ja P-274M välikaablite jaoks.

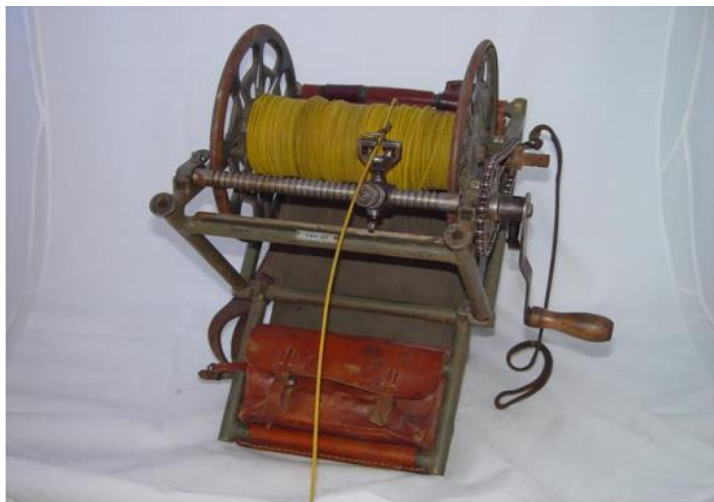
1.2. Kaablipooli rakmed

Kaablipooli rakmeid kasutatakse Eesti Kaitseväes välikaabli paigaldamiseks maastikul. Kaablipooli rakmed tõstetakse välikaabli paigaldajale selga (Joonis 1.2.).



Joonis 1.2. Eesti Kaitseväes kasutusel olevad kaablipooli rakmed.

II Maailmasõjaajaksed kaablipooli rakmed *Rückentrage* on mõeldud Saksamaa kerge välikaabli paigaldamiseks. Komplekti kuulub kaabli suunamismehhanism ja kerimisväänt. Sellele seadmele käib peale kaablipool TK-2. Kaablipoolile TK-2 on võimalik peale kerida kuni 500 meetrit saksa kerget välikaablit. Kaablipooli TK-2 kaal koos kaabliga P-274 või LYF-2 on ligikaudu 12-13 kg. *Rückentrage* küljes on nahast rihmad, mis võimaldavad kanda seadet seljas. Lisaks on eemaldatav käsiväänt, millega saab välikaablit lahti või kokku kerida [7] (Joonis 1.3).



Joonis 1.3. Saksa kaablipooli rakmed *Rückentrage*.

Rückentrage rakmetel on olemas ka kaabli suunamismehhanism, mis liigub mööda võlli küljelt küljele. Kaabli suunamismehhanismi abil jaotatakse kaabel ühtlaselt poolile. Ülekandeks käsivändalt võllile on kasutatud kettülekannet. *Rückentrage* rakmeid ja TK-2 kaablipooli kasutatakse veel ainult 2. Jalaväebrigadis. 1. Jalaväebrigadi jaoks oli tehnika küll vastupidav, kuid tänapäevastele tingimustele mittevastav. Selletõttu võeti kasutusele uued kaablipoolid ja rakmed. Uute kaablipooli rakmete eeliseks on nende kergus ja seljas kandmise mugavus. Kaablipooli rakmete kergus on tingitud raami materjali omadustest. Tavapäraselt on kaablipooli rakmete raam koostatud õhukestest alumiinium torudest, mis võivad deformeeruda. Seetõttu ei ole tagatud kaablipooli rakmete raami vastupidavus. Uuemad kaablipoolid ei ole automatiseeritud ning nende opereerimiseks kasutatakse ainult käsivänta.

1.3. Poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi projekteerimine

Käesoleva magistriprojekti lähteülesandeks oli projekteerida poolautomaatne välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi prototüüp, mis tagaks mugava ja kiire välikaabli paigalduse maastikul. Mooduli prototüübi projekteerimisel oli oluline toote materjalide valik, osaline automatiseeritus, mugava kerimis- ja hooldusmehhanismi väljatöötamine ning toote maksumus.

Mooduli prototüübi projekteerimisel oli üheks oluliseks teguriks õige materjali valik, mis võimaldaks toodet kasutada statsionaarselt. Eesmärgiks oli moodul projekteerida nii, et seda oleks võimalik kasutada nii väli- kui ka siseruumides. Kuna mooduli kasutusvaldkond on laialdane, siis peab projekteeritava mooduli raam olema vastupidav. Raami vastupidavus tagab mooduli pikema kasutusea. Seetõttu antud projektis oli mooduli raami konstrueerimisel kasutatud hüdrauliline toru seinapaksusega 2,5 mm.

Projekteeritava mooduli teiseks oluliseks teguriks oli mooduli kasutamine nii käsivändaga kui ka 24 V alalisvoolumootoriga. 24 V toitepinge valik tulenes asjaolust, et tänapäeval kasutatakse militaarsõidukites 24 V elektrisüsteemi. Kasutades mootorit on võimalik kaablit kerida poolile kiiremini kui käsivändaga. Lahendusse pidi jääma ka võimalus kasutada käsivänta juhul kui pole võimalik mootorit kasutada.

Projekteeritava mooduli kolmandaks oluliseks teguriks oli kerimismehhanismi abil välikaabli ühtlane jaotumine poolile. *Rückentrage* rakmetel oli kerimismehhanism olemas, kuid sellegi poolest toodeti uued rakmed ilma lisa mehhanismita. Projekteeritava välikaabli mooduli hooldusmehhanism eemaldaks välikaabli külge jäänud mustuse nagu muld, liiv, tolm, oksad jne. Lisaks õlitaks hooldusmehhanism õrnalt välikaablit. See protsess vähendaks polüetüleenkaitsekihi pragunemist ja pikendaks välikaabli kasutusaega. Mooduli prototüübi sobivuse korral saab hakata seda igapäevaselt kasutama Eesti Kaitseväes.

2. RAAMI KONSTRUKTSIOON

Poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi raami eesmärkideks on:

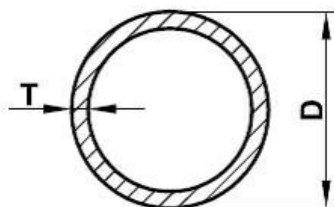
- 1) tagada konstruktsiooni vastupidavus;
- 2) kasutada haardepunktina, et saaks kogu mehhanismi mugavalt liigutada;
- 3) kaitsta kaablipooli, välikaablit ja ülejäänud sisemist struktuuri.

2.1. Raami profiili ja materjali valik

Raami konstrueerimisel oli võimalik kasutada nelinurkset või ümara profiiliga toru. Nelinurkse toru kasutamise eeliseks oli lihtsus, kuid selle tulemusena jäid ebameeldivad teravad nurgad. See tegi raami liigutamise keerulisemaks. Pärast ümara profiiliga toru kasutamist tekkisid raamile raadiusega nurgad, mis tegi raami mugavamaks nii kandmisel kui ka sellega opereerimisel.

Raami profiiliks valiti ümartoru, mille parameetrid on (Joonis 2.1.):

- 1) seinapaksus $T = 2,5$ mm;
- 2) toru läbimõõt $D = 25$ mm.



Joonis 2.1. Ümartoru profiil.

Materjaliks valiti keevisõmbluseta hüdraulika toru E235. Õmblusteta täppisterastorudele on iseloomulikud siledad pinnad. Oma sümmeetria ja sellest tuleneva stabiilsusega sobivad nad võrdselt nii konstruktsioonitorudeks kui ka torujuhtmeteks. Ilma keevisõmblusteta toru oli lihtsam painutada ning lõpptulemus oli täpsem [8].

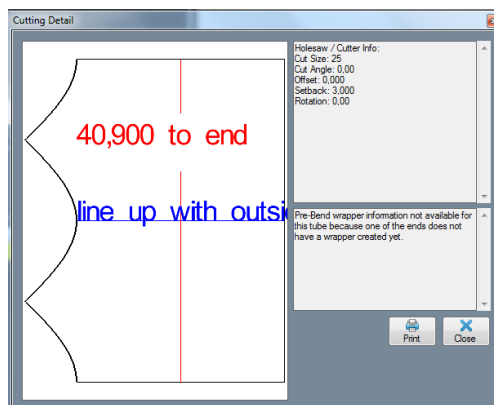
2.2. Raami detailide lõikamine, painutamine, puurimine ja keevitamine

Raami painutamiseks kasutati Macri Provar 6-45U-D torupainutuspink. Algselt koostati Alibre Design CAD tarkvaraga ümartorust raamist poolkaar, mida oli võimalik painutada Macri Provar 6-45U-D torupainutuspingiga. Sealt edasi fail kanti Bend-Tech tarkvarasse. Bend-Tech tarkvara andis vastavad toru pikkused ja painded. Selle tulemusena sai info edasi kanda SinPipe tarkvarasse, mis on Macri Provar 6-45U-D torupainutuspingi oma tarkvara.

Keevitamiseks kasutati TIG keevituspink Tetrix 351 AC/DC Smart FW, mis tagas hea keevisühenduse ja parema keevise kvaliteedi. Kahe poolkaare kokku keevitamisel saadi täisringi. Ühe raami jaoks läks vaja 2 täisringi.

Avad puuriti FLOTT P30 puurpingil. Avad puuriti avardades, kus algne ava tuli 2,5 mm ja pärast seda avardati ava 9 mm peale. See tagas puurides parema täpsuse.

Kahe toruringi vahele asetati ühendustorud. Siinkohal kasutati Bend-Tech funktsiooni *Trim Cut*.



Joonis 2.2. Bend-Tech joonis toruotsa lõikamiseks.

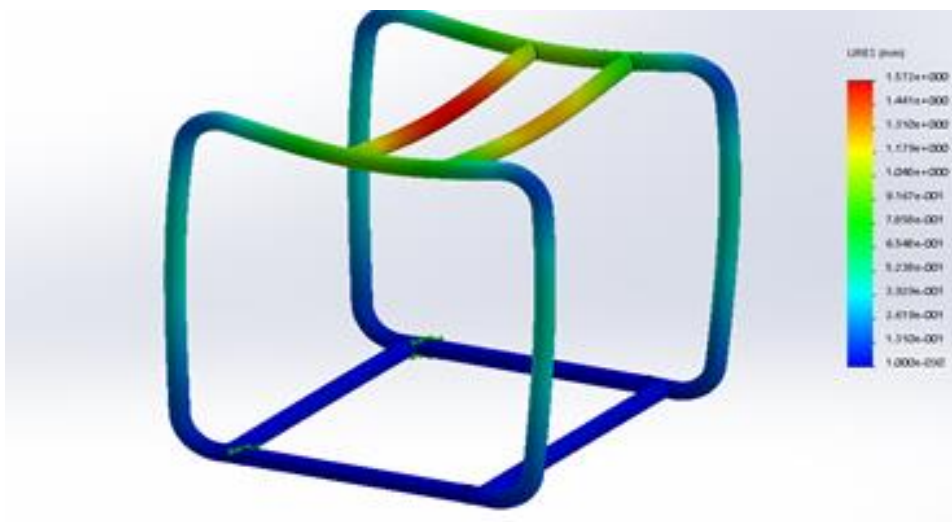
Trim Cut kasutati toru otste lõikamisel, et pärast ümartorud omavahel kokku keevitada. Seejärel tehti lõige toru tsentrisse. Lõige tuli poolringi kujuline.

2.3. Raami simulatsioon

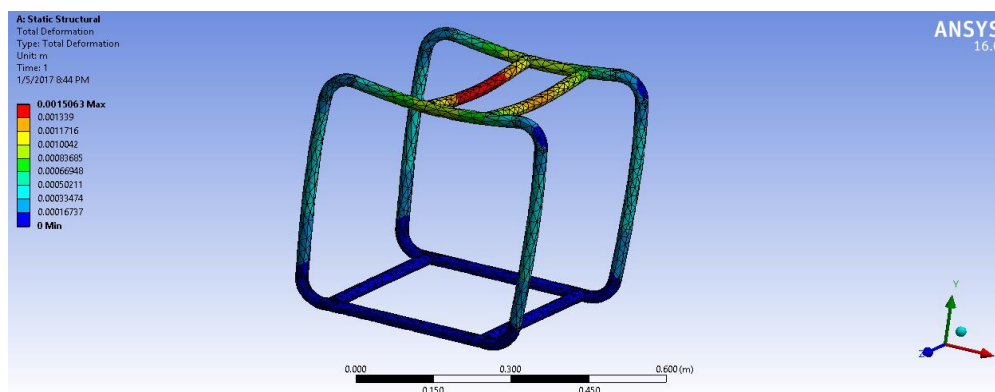
Pärast raami konstrueerimist teostati raami simulatsioon koormusel. Raami konstruktsioonile rakendati jõudu, mis ei olnud üle 784,5 N, sest välikaabli maksimaalne

tõmbetugevus oli 80kg. Samas tuli arvestada võimalike koormuste teketega (vt. LISA Joonis 4.1.-4.2.).

Mooduli siseselt suuri koormusi ei täheldatud, sest välikaabli maksimaalne tõmbetugevus oli 80 kilogrammi. Järelikult suurim koormus rakendus raamile, kui simuleerimisel võeti koormuseks 5000 N, mis on umbes 510 kg. Koormus rakendati raamile vertikaalselt peale. Selline koormus valiti seetõttu, kuna ei ole täpselt teada, millistesse olukordadesse moodul võib sattuda maastikul. Eesti Kaitseväes kasutatavad seadmed peavad olema vastupidavad. Solidworks simulatsiooni tulemus on esitatud joonisel 2.3 ning Ansys tulemus joonisel 2.4. Mõlemal joonisel on maksimaalsete deformatsioonide piirkond märgitud punaselt.



Joonis 2.3. Raami simulatsioon Solidworks simulation 2014 tarkvaraga.



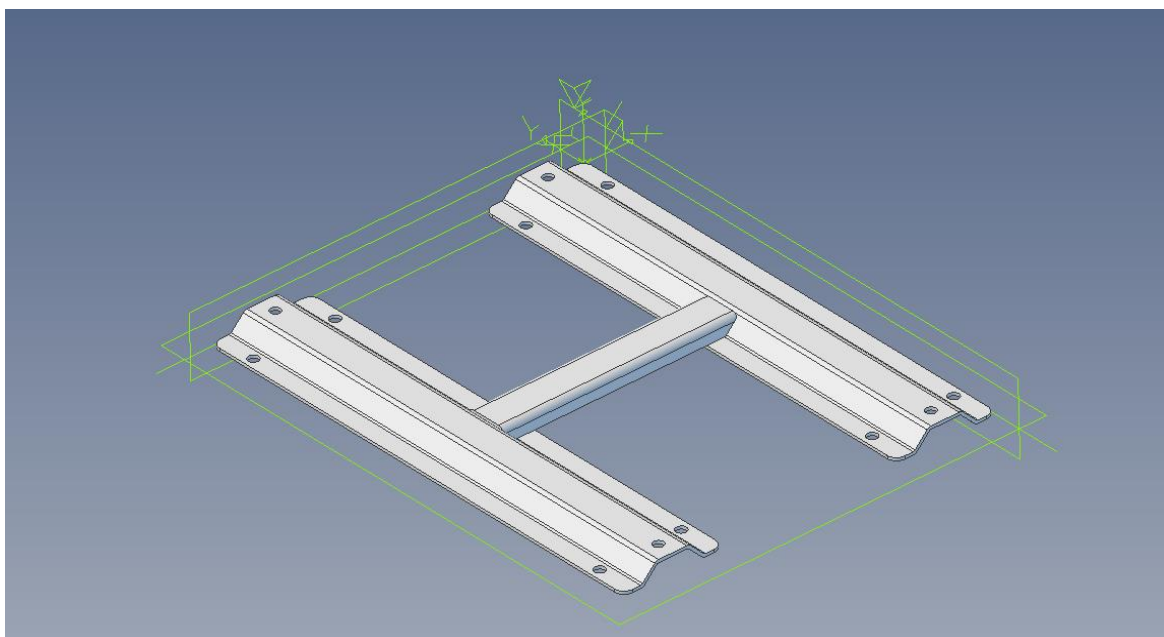
Joonis 2.4. Raami simulatsioon Ansys tarkvaraga.

Mõlema tarkvaraga teostatud simulatsioonid andsid sama tulemuse. Rakendades raamile koormust 5000 N deformeerub raam maksimaalselt 1,5 mm.

2.4. Põhjakinnitus

Põhjakinnitus konstrueeriti 3 mm lehtmestallist. 3D mudel koostati kasutades Alibre Design tarkvara. Antud tarkvara võimaldas panna painutusi vajavale detailile vastavad painderaadiused, mis tulenevad lehtpainutuspingi matriitsist ja templist. Selle tulemusena saadi vastavad detaili mõõdud (vt. LISA Joonis 17.), mis oli vaja laserpingil välja lõigata. TruTops Boosti fail tehti ümber 1:1 skaalas .dxf (*Drawing Interchange Format*) formaati, mis suunati edasi Ermaksan Fibermak Momentum Gen-3 laserpinki (Joonis 2.4).

Pärast laserpingis detaili valmimist painutati see valmis TruBend 5130 lehtpainutuspingiga. Järgnevalt keevitati detailid omavahel kokku TIG keevituspingiga Tetrix 351 AC/DC Smart FW. (vt. LISA Joonis 17).

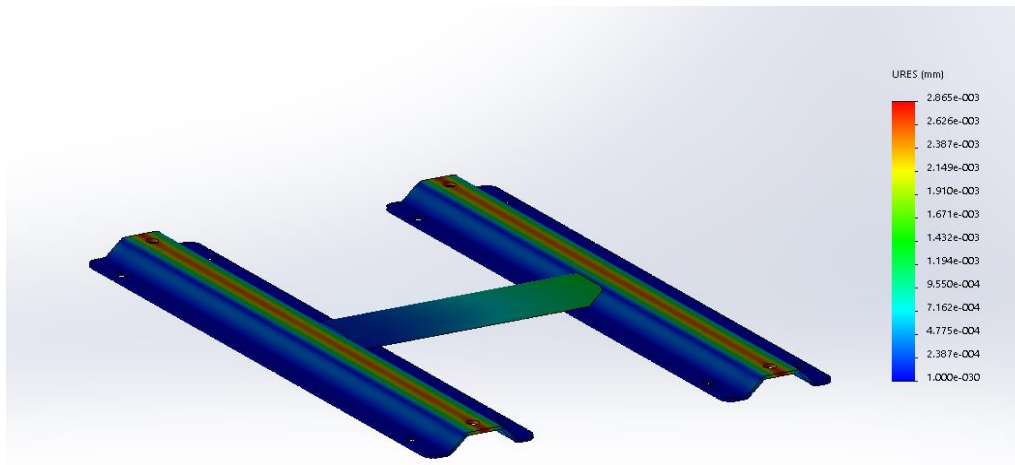


Joonis 2.4. Põhjakinnitus.

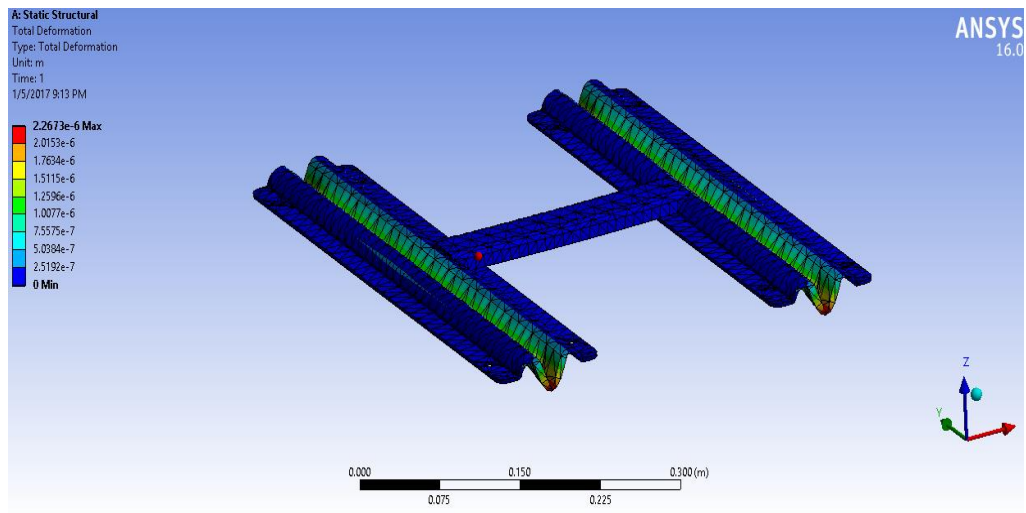
Põhjakinnitusse pressiti M8 pressmutrid eesmärgiga ühendada omavahel raam ja põhjakinnitus. M8 pressmutri nõutav ava suuruseks oli 10,5 mm (vt. LISA Joonis 17.). Raam kinnitati põhjakinnituse külge kasutades M8 liblikpolte.

2.5. Põhjakinnituse simulatsioon

Kui raami simulatsioonis kasutati suuremat koormust, siis tekkis sama koormus ka põhjakinnitusele. Raami simulatsioonides kasutati 5000 N koormust, mis rakendus omakorda ka põhjakinnitusele. Tavaliselt lisanduks kinnitusele ka projektist tulenev kogumass, kuid antud töös arvestati piisavalt suure varuteguriga. Põhjakinnituse simulatsioonid teostati sama tarkvara programmidega. Kinnitusele rakendati koormust 5000 N, mille tulemusena kinnitus deformeerus Solidworks simulationis 0,0028 mm ja Ansys tarkvaras 0,026 mm. Järelikult vastab kinnitus nõutud tingimustele. Solidworks simulatsiooni tulemus on esitatud joonisel 2.6 ning Ansys tulemus joonisel 2.7. Mõlemal joonisel on maksimaalsete deformatsioonide piirkond märgitud punaselt.



Joonis 2.6. Põhjakinnituse simulatsioon Solidworks simulation 2014 tarkvaraga.



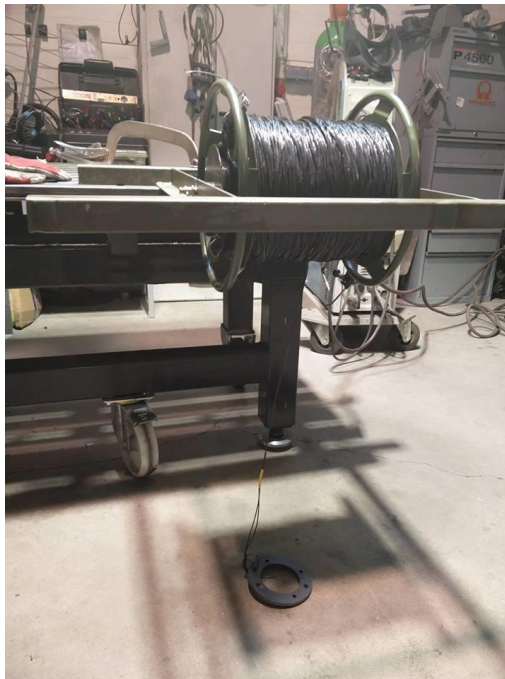
Joonis 2.7. Põhjakinnituse simulatsioon Ansys tarkvaraga.

Järelikult põhjakinnitus deformeerus vähem võrreldes raami konstruktsiooniga, kui raami maksimaalne deformatsioon oli 1,5 mm, siis põhjakinnituse maksimaalne deformatsioon 5000 N jõuga oli 0,028 mm.

3. MOOTORI VALIK JA ÜLEKANDMEHHANISM

3.1. Mootori arvutused ja valik

Mootori valikul viidi läbi katsetus eesmärgiga testida, kui palju jõudu on vaja rakendada, et kaablipoolile tekitada pöördemomenti. Katsetuses kasutati kaablipooli, kus oli peal P-247M välikaabel. Kaablipooli mass koos välikaabliga oli 15,88 kg. Poolil oleva välikaabli pikkus määrati välikaabli takistuse alusel. Tenma 72-8495 multimeetriga mõõdeti poolil oleva välikaabli takistus, milleks oli 53,1 Ω . Teades, et P-274M välikaabli 10 m takistus on 1 Ω on takistuse 53,1 Ω korral poolil 531 m välikaablit (Joonis 3.1).



Joonis 3.1. Kaablipooli pöörlemiseks vajamineva jõu katsetus.

Katsetuse tegemiseks koostati rakis, millele asetati kaablipool. Kaabli otsa kinnitati erineva massiga raskused, et näha kui suurt koormust on vaja rakendada, et kaablipool hakkaks pöörlema teras/teras hõõrdumisel. Kaablipooli pöördemoment rakendus 0,6 kg raskuse korral.

Pöördemomendi saamiseks vajaminev jõud arvutati valemiga 3.1 [9]:

$$F_{p1} = mg = 0,6 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5,9 \text{ N} \quad (3.1.)$$

kus g – raskuskiirendus $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;

m – kaablipooli pöörlemiseks vajav jõud kg.

Kaablipooli maksimaalne raskus 1000 m kaabli korral:

$$\frac{a}{b} * \frac{c}{d} = \frac{531 \text{ m}}{15,88 \text{ kg}} * \frac{1000 \text{ m}}{d} \Rightarrow d = 29,9 \text{ kg} \quad (3.2.)$$

kus a - olemasoleva välikaabli pikkus m;

b - olemasoleva kaablipooli kaal kg;

c - maksimaalne kaablipooli pikkus m;

d - maksimaalse kaablipooli kaal kg.

Kaablipooli edasiseks maksimaalseks raskuseks võeti 30 kg. Järgnevalt arvutati kaablipooli pöörlemiseks vajaminev maksimaalne jõud.

$$\frac{b}{e} * \frac{d}{f} = \frac{15,88 \text{ kg}}{0,6 \text{ kg}} * \frac{30 \text{ kg}}{f} \Rightarrow f = 1,13 \text{ kg} \quad (3.2.)$$

kus b - olemasoleva kaablipooli kaal kg;

d - maksimaalne kaablipooli kaal kg;

e - olemasoleva kaablipooli pöörlemiseks vajaminev jõud kg;

f - maksimaalse kaablipooli pöörlemiseks vajaminev jõud kg.

$$F_{p2} = mg = 1,13 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 11,1 \text{ N} \quad (3.3.)$$

Selleks, et välikaabel ei oleks maastikul märgatav asetatakse välikaablile pinnaskatet, oksi või mitmesugust katvat materjali. See on vajalik selleks, et vaenlasel oleks keerulisem välikaablit maastikul märgata. See põhjustab välikaabli kokku kerimisel lisatakistuse. Mootoril peab olema piisavalt võimsust, et välikaabel katte alt välja tõmmata. Projektis arvestati vajaminevaks lisakoormuseks 15 kg. Välikaabli tõmbetugevus on 80 kg, kuid igal välikaabil tekivad aegade jooksul jätkukohad. [7].



Joonis 3.2. Kerge väikaabli P-274M jätkukoht.



Joonis 3.3. Kerge väikaabli P-274M jätkukoht koos isoleerimisega.

Kolm terastraati andsid välikaablile vastava tugevuse, neli vasktraati hea juhtivuse alalisvoolule [7]. Tõenäoliselt jäävad jätkukohad nõrgemaks kui välikaabli maksimaalne tõmbetugevus.

Võttes arvesse lisa 15 kg saadi tangentsiaaljõuks [9]:

$$F_{max} = mg = 16,13 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s} = 158,2 \text{ N} \quad (3.4.)$$

Seejärel arvutati kaablipooli pöördemoment [9]:

$$T = F_{max} * \frac{D}{2} = 158,2 \text{ N} * \frac{0,105}{2} = 8,3 \text{ Nm} \quad (3.5.)$$

kus T – pöördemoment Nm;

D – trumli läbimõõt m.

Maksimaalne pöörlemissagedus, kui trumli läbimõõt on 105 mm [9]:

$$\omega_{max} = \frac{2*v}{D} = \frac{2*1,4}{0,105} = 26,7 \frac{rad}{s} \quad (3.6.)$$

kus ω_{max} – nurkkiirus rad/s;

v – kiirus, jalakäija kiirus, 5 km/h = 1,4 m/s.

Järgnevalt arvutati trumli pöörlemiseks vajalik võimsus [9]:

$$P_T = T * \omega_{max} = 8,3 Nm * 26,7 \frac{rad}{s} = 221,6 W \quad (3.7.)$$

Mootorreduktiori minimaalne võimsus arvutati valemiga [9]:

$$P_{M min} = \frac{P_T}{\eta_1 * \eta_2 * \eta_3} = \frac{221,6 W}{0,94 * 0,92 * 0,99} = 258,8 W, \quad (3.8.)$$

kus η_1 – mootorreduktiori kasutegur, valin $\eta_1 \approx 0,94$;

$\eta_2 \approx 0,92$ – kettülekanne kasutegur;

$\eta_3 \approx 0,99$ – laagripaari kasutegur.

Sellest tulenevalt saadi trumli pöörlemissagedus [9]:

$$n_{max} = \frac{30 * \omega_{max}}{\pi} = \frac{30 * 26,7}{3,14} = 255 min^{-1}, \quad (3.9.)$$

kus n_{max} – trumli pöörlemissagedus min^{-1} ;

ω_{max} – nurkkiirus rad/s.

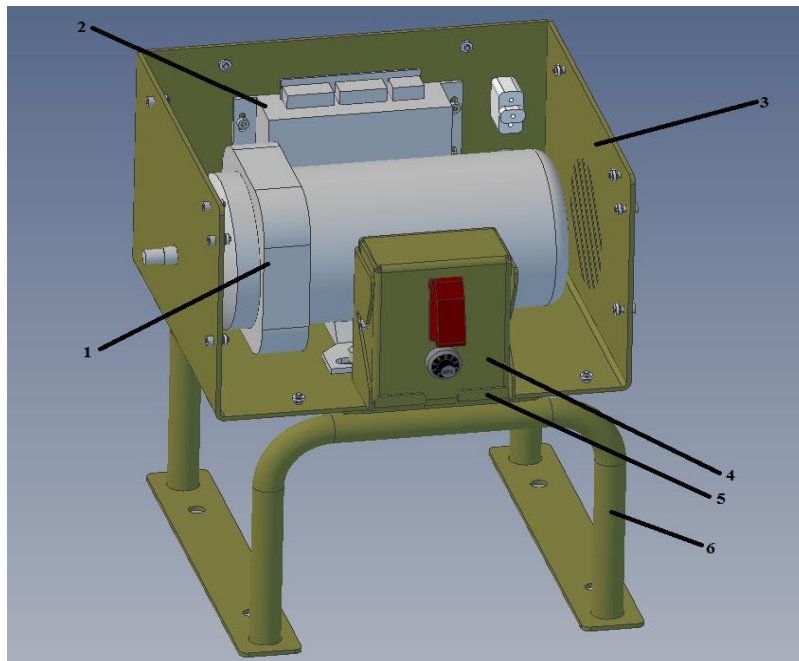
Eelpool tehtud arvutuste põhjal oli võimalik teha mootori valik. Eesti Kaitseväes kasutatakse 24-voldise pingega süsteeme, mistõttu valiti seadme käitamiseks samuti 24V pingega alalisvoolumootor. Kasutades 24V pingega mootorit, kaob vajadus alaldi või inverteri järele. Mootoriks valiti MY1020Z Dayton 500 W, 24-voldise planetaarülekandega alalisvoolumootor. MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootorit kasutatakse kartautode, ATV jt. sõidukite tarbeks [10].

Tabel 3.1. MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootori andmed [10].

Pinge	24V
Ilma koormuseta pöörded	$3000 min^{-1}$
Ilma koormuseta vool	$< 2,8 A$
Maksimaalne väljundpöörded planetaarülekanandes	$500 min^{-1}$
Pöördemoment	$8,5 Nm$

Sidur	Puudub
Mootori pöörlemise suund	Päri- ja vastupäeva

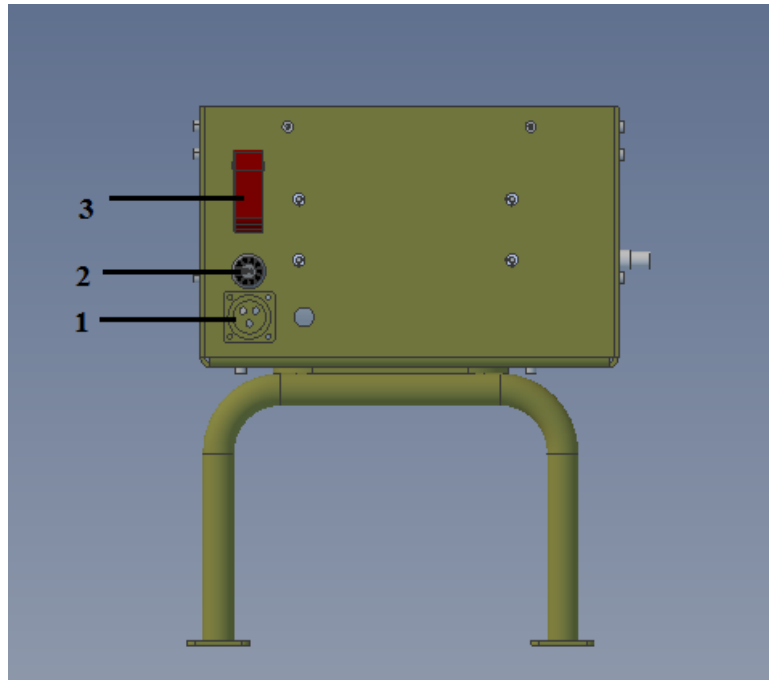
Mootori kiiruse reguleerimiseks valiti 12V – 48V alalisvoolumootori kiiruse kontrollerr. Kontrollerr juhhib mootorit kasutades pulsilaiusmodulatsiooni. (vt. skeem LISA A.) [10].



Joonis 3.4. Alalisvoolumootori raami koost kus, 1 – MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootor, 2 – 12V - 48V alalisvoolumootori kiiruse kontrollerr, 3 – 3 mm paksune mootori raami kaitse, 4 – pult, 5 – puldi kinnitus, 6 – raami jalg.

Välikaabli lahti-kokku kerimisel liigutakse sõiduki taga kontrollimaks, et välikaabel tuleb korralikult maa küljest lahti ning suundub sealt edasi kaabliharki. Selleks, et kontrollida mootori kiirust distantsilt projekteeriti mootorile pult. Pult koosneb ühest HPC potentsiomeetrist ja ühest OTTO T9-CS1-23 tumblerist, millel oli tumblersi kaitse TG-0001[11,12]. Puldile lisati kolm meetrit kaablit, mis kaeti liimitava termokahaneva toruga. Kaabli ühte otsa ühendati puldi küljes olevad seadmed ja teine ots ühendati otse kontrolleri külge.

Mootori kasti külge on ühendatud CB0-16-10PC pistik. Selle külge on võimalik ühendada CB6N16-10SC kaabli otsa. Sellise lahendusega on võimalik saada moodulile voolu enamatest kohtadest kui ainult sõiduki akude pealt.



Joonis 3.5. Alalisvoolumootori raami tagant vaade, kus 1 – pistik CB0-16-10PC, 2 – HPC potentsiomeeter, 3 – tumbler OTTO T9-CS1-23 koos tumbleri kaitsmega TG-0001.

Kokku on moodulile lisatud kaks tumblerit. Alalisvoolumootori raami küljes olev tumbler lülitab voolu sisse või välja. Puldi tumbleril on kolm funktsiooni: esimene, mis ei lase kasutada kumbagi potentsiomeetrit, teine, mis lubab kasutada puldi küljes olevat potentsiomeetrit ja kolmas, mis lubab kasutada alalisvoolumootori küljes olevat potentsiomeetrit. Selline lahendus väldib probleemi tekkimist, kus hakatakse mõlemalt potentsiomeetrilt kiirust reguleerima.

Kerides välikaablit kaablipoolile muutub kaablipooli trumli diameeter. Maksimaalselt saab kaablipooli trumli suurus muutuda 105 millimeetrist kuni 290 millimeetrini. See tähendab, et kui trumli diameeter muutub, siis peab muutuma ka kaablipooli pöörlemissagedus. Töös kasutati eelneva nurkkiiruse ja pöörlemissageduse valemist [9]:

$$\omega_{min} = \frac{2 \cdot 1,4}{0,29} = 9,65 \frac{rad}{s} \quad (3.6.)$$

kus ω_{min} – nurkkiirus trumli maksimaalse diameetri korral rad/s.

Järelikult [9]:

$$n_{min} = \frac{30 \cdot \omega_{min}}{\pi} = \frac{30 \cdot 9,65}{3,14} = 92,15 \min^{-1} \quad (3.9.)$$

kus n_{min} – trumli pöörlemissagedus min^{-1} ;

ω_{min} – nurkkiirus rad/s.

Potentsiomeeter võimaldas kontrollida kiirust nii, et välikaabel jaotub kaablipoolile ühtlaselt.

3.2. Kettülekande arvutused ja valik

Selleks, et teada saada, mis oli kettülekande arv tuli enne välja selgitada suunamisvõlli ja suunamismehhanismi liikumiskiirused vastavalt kaablipooli pöörlemiskiirusele. Teada oli, et trumli laius on 265 mm ja välikaabli läbimõõt 2,3 mm. Välikaablil oli kaks erinevat soont kokku keeratud, mis tähendas, et maksimaalne välikaabli läbimõõt kahekordistub ehk uus välikaabli mõõt oli 4,6 mm. Selle tulemusena arvutati välja mitu tiiru välikaablit mahub ühele trumlil olevale kaablikihile.

$$H = \frac{l}{d_1 * n} = \frac{265}{2,3 * 2} = 57,6 \quad (3.10.)$$

kus H – välikaabli ringide arv trumlil;

l – trumli pikkus mm;

d_1 – välikaabli läbimõõt mm;

n – välikaablite arv.

Võllile tehti 265 mm jagu 14 *helix* lõiget. Kuna välikaabli ühenduskohtadest tekib väike kadu, võeti välikaabli ringide arvuks trumlil 56.

$$u_K = \frac{H}{h_x} = \frac{56}{14} = 4 \quad (3.11.)$$

kus u_K – sageduste vahe;

H – välikaablite ringide arv trumlile;

h_x – *helix* lõigete arv.

Järelikult ühe *helix* lõike kohta peab trummel tegema neli pööret ehk pöörlemissageduse ülekande suhe on üks neljale.

$$n_{võll} = \frac{n_{max}}{u_K} = \frac{255 min^{-1}}{4} = 63,75 min^{-1} \quad (3.12.)$$

kus $n_{võll}$ – võlli pöörlemissagedus min^{-1} ;
 n_{max} – trumli pöörlemissagedus min^{-1} ;
 u_K – sageduste vahe.

Vedava ketiratta maksimaalne pöördemoment [9]:

$$T_K = \frac{T}{u_K * \eta_2 * \eta_3} = \frac{8,3 \text{ Nm}}{4 * 0,92 * 0,99} = 2,28 \text{ Nm} \quad (3.13.).$$

Vedava ketiratta minimaalne hammaste arv sõltub ratta pöörlemissagedusest: suurte pöörlemissageduste korral $z_1 = 19 \dots 23$, keskmistel $z_1 = 17 \dots 19$ ja väiksematel pöörlemissageduste korral $z_1 = 13 \dots 15$. Soovitav on valida paaritu arv hambaid [6].

Vedava ketiratta soovituslik hammaste arv [9]:

$$z_1 = 31 - 2 * u_K = 31 - 2 * 4 = 23 \quad (3.14.).$$

Käesolevas projektis on pöörlemissagedus väiksem ja on vaja, et ketirattad oleksid nii väiksed kui võimalikud. Selle tulemusena valiti z_1 väiksem kui arvutuslikult soovituslik. Valiti $z_1 = 13$.

Selle tulemusena veetava ketiratta hammaste arv [9]:

$$z_2 = z_1 * u_K = 13 * 4 = 52 \quad (3.15.).$$

Järgnevalt arvutati keti koormustegur, et välja selgitada, millise sammuga ketti on moodulil vaja [9]:

$$K = k_d * k_a * k_n * k_r * k_m \quad (3.16.).$$

Koormusteguri valemi väärtused on: k_d – dünaamikategur, kus väärtus 1 – rahulik koormus, väärtus 1,25...1,5 – vahelduv või tõukeline koormus. k_a – telgede vaheline mõju arvestatav tegur, kus väärtus 1 – kui telgede vahe on 30t...50t, $k_a = 1,5$ kui $a \leq 25t$, t – keti samm. k_n – keti kaldenurka arvestatav tegur, kus $k_n = 1$ kui $\gamma \leq 60^\circ$, $k_n = 1,25$ kui $\gamma > 60^\circ$. k_r – keti pingutusreguleerimist arvestatav tegur, kus väärtus 1 – automaatselt reguleerimise korral, 1,25 – perioodiliselt reguleerimise korral. k_m – määrimist arvestatav tegur, kus väärtus 0,8 – pidev määrimine õlivannis või pumba abil, 1 – regulaarne

määrimine või määrimine konsistentse määrdeainega, 1,3...1,5 – ebaregulaarne määrimine. [9]

Käesolevas projektis oli dünaamikateguri väärtus 1,25, sest välikaablit tõmmates oli koormus vahelduv. Telgede vahe jäi vahemikku 30t...50t, see tähendas, et telgede vahelise mõju arvestatav teguri väärtus oli 1. Ketid kaldenurk oli väiksem kui 60°. Ketid pingutusreguleerimine toimus perioodiliselt ja määrimine toimus ebaregulaarselt.

Selle tulemusena:

$$K = k_d * k_a * k_n * k_r * k_m = 1,25 * 1 * 1 * 1,25 * 1,3 = 2,03 \quad (3.16.)$$

Juhul kui on üherealine kett, siis saab selle välja arvutada valemiga [9]:

$$t \geq 2,8 * \sqrt[3]{\frac{K * T_K}{z_1 * p}} \quad (3.17.)$$

Kus p – keskmine erisurve

Algselt valiti p väärtuseks 37 MPa, (Tabel 3.1).

Tabel 3.2. Keskmise erisurve valimine vastavalt keti sammu ja pöörete järgi [9].

n_1 , min ⁻¹	Ketti samm, mm							
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
50	46	43	39	36	34	31	29	27
100	37	34	31	29	27	25	23	22
200	29	27	25	23	22	19	18	17
300	26	24	22	20	19	17	16	15
500	22	20	18	17	16	14	13	12
750	19	17	16	15	14	13	-	-
1000	17	16	14	13	13	-	-	-
1250	16	15	13	12	-	-	-	-

Märkus. 1) Kui $z_1 \neq 17$, siis tabelis toodud arvud korrutada teguriga $k_z = 1 + 0,01(z_1 - 17)$.

2) Kaherealiste kettide puhul vähendada tabelis toodud lubatav erisurve 15% võrra.

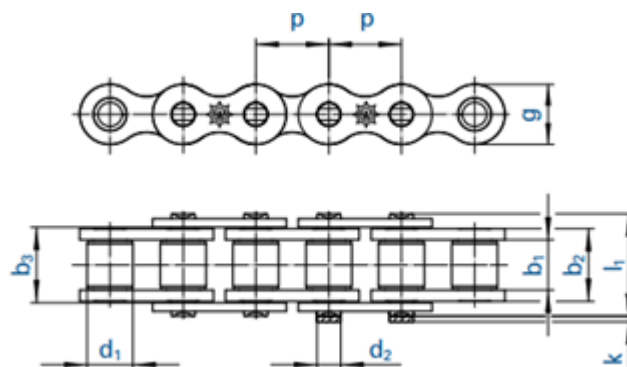
Kuna $z_1 \neq 17$, siis

$$p = 37 * k_z = 37 \text{ MPa} * [1 + 0,01(z_1 - 17)] = 37 \text{ MPa} * [1 + 0,01(13 - 17)] = 35,52 \text{ MPa}, \quad (3.18.)$$

siis

$$t \geq 2,8 * \sqrt[3]{\frac{K * T_K}{z_1 * p}} = 2,8 * \sqrt[3]{\frac{2,03 * 2,28 \text{ Nm}}{13 * 35,52 * 10^6 \text{ Pa}}} = 0,006 \text{ m} = 6 \text{ mm} \quad (3.17.).$$

Arvutustest võib järeldada, et sobilik rullpukskett peaks olema 6 mm sammuga. Valiti üherealine rullpukskett Wippermann ISO No. 04.(Joonis 3.6., Tabel 3.2.) [13].



Joonis 3.6. Rullpuksketi tähiste joonis [13].

Tabel 3.3. Valitud rullpuksketi parameetrid [13].

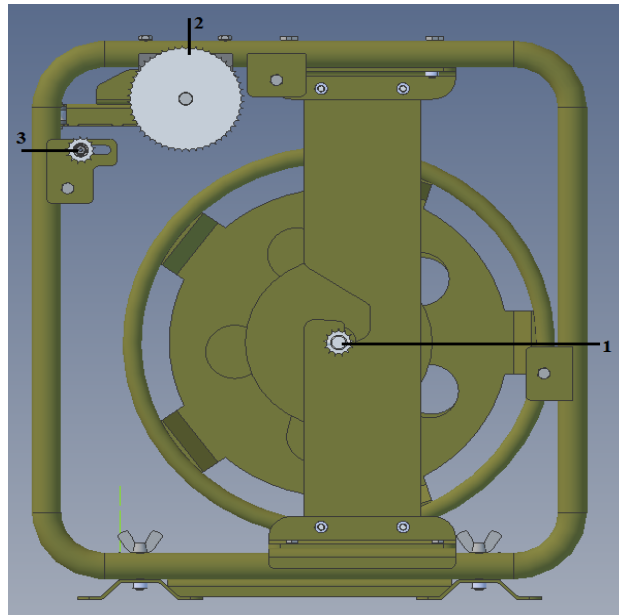
Kett	Samm	b_1	b_2	b_3	d_1	d_2	g	k	l_1	f	F_B	q
No.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ³	kN	kg/m
04	6	2,80	4,10	4,20	4,00	1,85	5,0	2,9	7,4	0,08	3,0	0,15

Märkused: F_B - maksimaalne lubatud koormus;

f - tihedus;

q - mass meetri kohta.

Teadagi oli, et maksimaalne tekkiv koormus moodulis on 158,2 N. Rullpuksketi Wippermann maksimaalne koormus on 3 kN, mis on piisavalt vastupidav käesoleva projekti jaoks. Ketiratastele lisandus juurde pingutus ketiratas, millega on võimalik reguleerida keti pingsust. Pingutus ketiratast on võimalik reguleerida ainult manuaalselt.



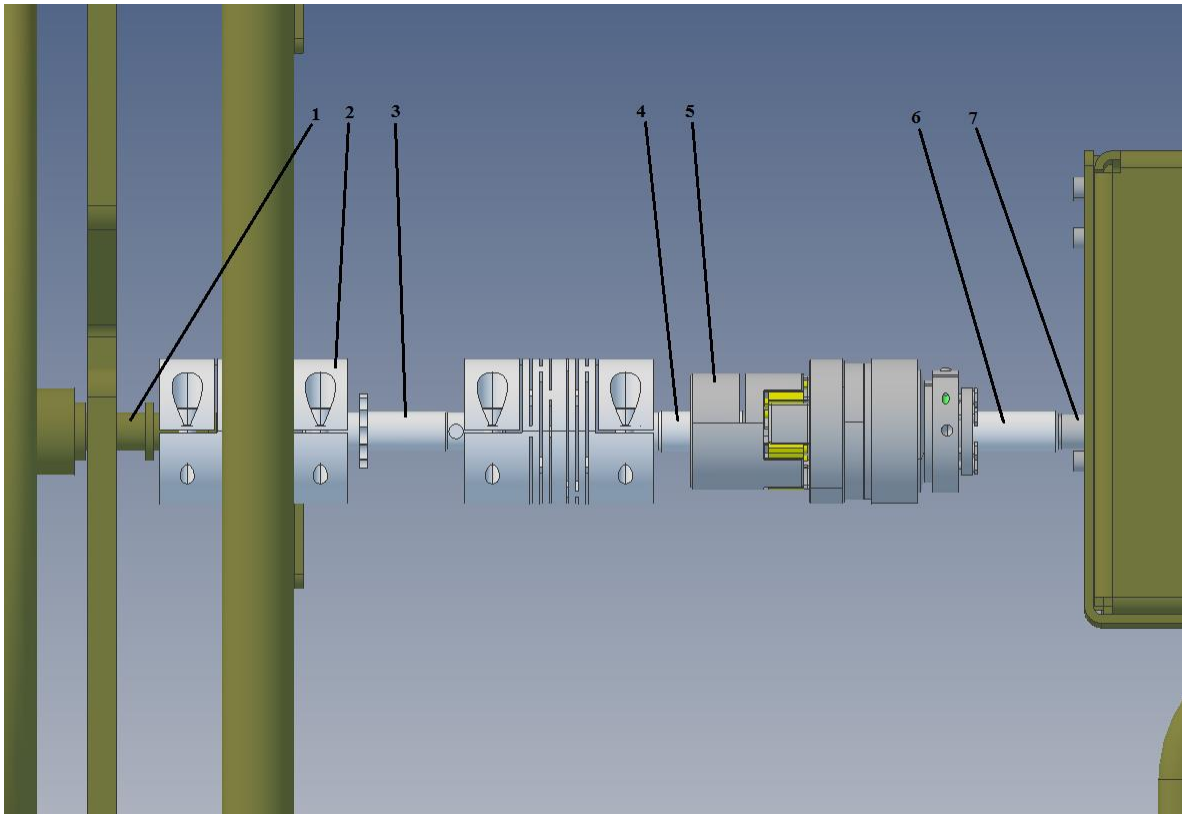
Joonis 3.7. Kettülekande asukoht, kus 1 – vedav ketiratas, 2 – veetav ketiratas, 3 – pingutus ketiratas.

Pingutus ketiratas kinnitati M3 poldiga. Pingutus ketiratta kinnituseks tehti plaadile soon, mida mööda ketiratast suunati kohta, kus kett oleks õige pinge all. Pingutus ketiratta all oli ka puks, et teda saaks tõsta õigele joonele teiste ketiratastega. Pingutus ketiratta sees olid 3 mm avaga kuullaagrid [14].

Rückentrage Saksa kaablipooli rakmetel ketikaitse puudus, kuid projekteeritud moodul töötab võrreldes Saksa kaablipooliga mitmeid kordi kiiremini ning kasutatakse elektriajamat. Selle tulemusena lisati turvalisuse tagamiseks moodulile ketikaitse. Kettülekandele koostati ketikaitse PE300 plastikust, mis freesiti välja kasutades Pacer 4008 ATC freespink.

3.3. Ülekandemehhanism

Selleks, et suunata alalisvoolumootorist pöördemoment üle kaablipoolile tuli projekteerida ka jõuülekandemehhanism. Projekteeritud ülekandemehhanism koosneb kuuest detailist. (Joonis 3.8.)



Joonis 3.8. Mooduli ülekandemehhanism, kus 1 – kaablipool, 2 – painduva võlli haakeseadis, 3 – kettiratta võll, 4 – haakeseadise ja elastse ülekoormussiduri vaheline võll, 5 – Cominteci elastne ülekoormussidur DSS/SG/P + GAS/SG, 6 – elastse ülekoormussidur ja mootori vaheline võll 7 - mootori ots.

Esimese painduva võlli haakeseadis ühendab kaablipooli ja kettülekande võlli. Kaablipooli kiireks vahetamiseks on haakeseadised konstrueeritud nii, et seda oleks võimalik kuuskant võtmega mõlemalt poolt eraldi avada. Haakeseadis on painduv, mis on abiks olukorras, kus võlli otsad ei asetse kohakuti.

Järgnev haakeseadis ühendab kettiratta võlli ja elastse ülekoormussiduri vahelist võlli. Teine haakeseadis lisati seetõttu, et oleks võimalik eemaldada alalisvoolumootorist tulev ülekande võll ja ülekoormussidur. See on vajalik olukorras, kus on vaja kasutada käsivänta. Kettiratta võlli ots oli koostatud nii, et saaks ühendada sinna nii haakeseadist kui ka käsivänta.

Käesolevas projektis valiti Cominteci elastne ülekoormussidur DSS/SG/P + GAS/SG [11], mille eraldumise pöördemoment algab 8 Nm. Valik lähtuti sellest, et eraldumise pöördemoment peab olema väiksem kui arvutatud mooduli maksimaalne pöördemoment. Eeldati, et kui koormus läheb suuremaks eelnevalt teostatud arvutustes, siis

ülekoormussidur eraldab alalisvoolumootori ülejäänud ülekandemehhanismist. See aitab ära hoida seadmete purunemise. Ülekoormussiduril oli lisaks elastne vahelüli, mis abistas olukorras, kus võllid polnud kohakuti. Alalisvoolumootori ülekande otsast tuli M10 väliskeere, mille otsa lisati ülekoormussiduri ja mootori vaheline võll. Võlli mootoripoolses otsas oli M10 sisekeere, mis ühendas võlli mootoriga.

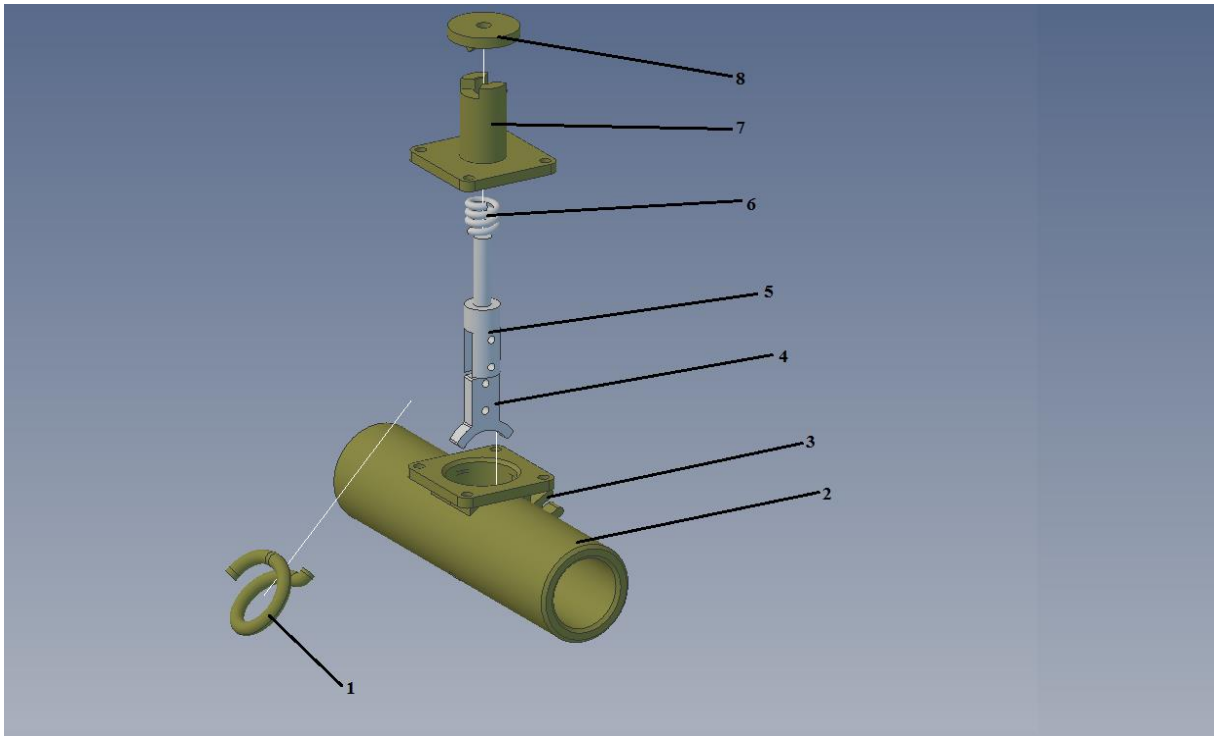
4. SUUNAMISMEHCHANISM

Kaabli suunamise eesmärk on välikaabli jaotamine ühtlaselt kaablipoolile. Suunamisvõlli eesmärk on aidata suunamismehhanismil liikuda vastavalt vajaminevat pikkust mööda vasakule ja paremale, et välikaabel saaks ühtlaselt kaablipoolile jaotatud (vt. LISA Joonis 42.). Võlli valmistamiseks lõigati CNC treipingis sisse *helix* lõige (Joonis 4.1.).



Joonis 4.1. Suunamisvõll *helix* lõikega.

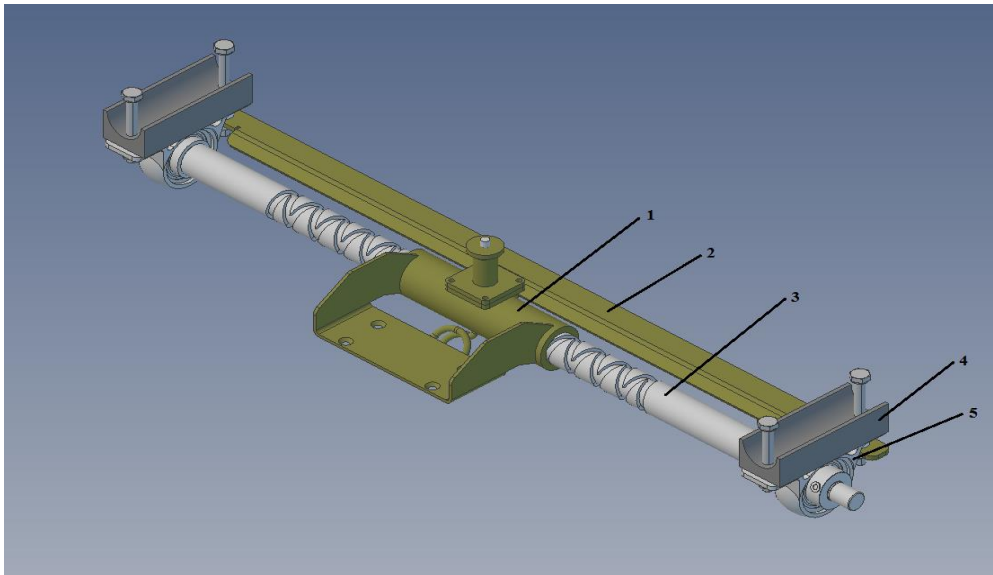
Soon liigub nii paremale kui ka vasakule ühtlase vahega, mis tagab vastava liikumise suunamismehhanismi jaoks. Eelnevalt arvutati välja suunamismehhanismi võlli ja kettülekanne võlli ülekande suhe (vt. lk 24), mis oli üks neljale.



Joonis 4.2. suunamismehhanismi koost, kus 1 - kaabli läbiviik, 2 - suunamisvõlli ümber vabaltliikuv toru, 3 - suunamismehhanismi fiksaator, 4 - võlli soones liikuv detail, 5 - liikuva detaili fiksaator, 6 - vedru, 7 - korpus, 8 - surveplaat.

Võlli soones liikuv detail on kiiludega kinnitatud fiksaatori külge. Vedru eesmärk on hoida soones liikuvat detaili kogu aeg pinge all ning vajadusel saab liigutada suunamismehhanismi kummagi võlli otsa. Vedru võimaldab ka võlli soones liikuvat detaili vajadusel soonest välja tõsta. Korpuses oli pisike soon, mille peal surveplaat hakkas liikuma. See toimub olukorras, kus võlli soones liikuv detail jõuab ühte suunda pidi võlli lõpuni ja vahetab suunda.

Prototüübi jaoks valmistatakse võlli soones liikuv detail vasest ja suunamisvõll S335JR terasest.



Joonis 4.3. Suunamismehhanismi koost, kus 1 – suunamismehhanism, 2 – suunamismehhanismi fiksaator, 3 – suunamisvõll, 4 – PE300 plastik materjalist toruraami kinnitused, 5 – P 12 TF pukklaager.

Suunamisvõlli mõlemad otsad olid projekteeritud 12 mm diameetrile selleks, et võlli külge saaks fikseeritud kahete P 12 TF pukklaagrit [15]. Mõlemasse otsa tuli väline stopperseib, et tagada võlli õige positsioon [16]. Pukklaagrid olid fikseeritud PE300 plastik materjalist koostatud toruraami kinnituste külge. Need kinnitused olid välja lõigatud kasutades CNC freespinkit Pacer 4008 ATC. Sellisel viisil sai toru raamist ümarast pinnast pukklaagri alla sileda pinna.

Juurde lisati suunamismehhanismi fiksaatorplaat, mis toetab suunamismehhanismi nii, et suunamismehhanismi nurk oleks fikseeritud. Juurde lisati hooldusmehhanismi kinnitusplaat, mis on algselt painutatud ja pärast seda suunamismehhanismi külge keevitatud. Kogu see mehhanism on eemaldatav, et moodulit on võimalik kasutada ka ilma suunamis- ja hooldusmehhanismita.

5. HOOLDUSMEHCHANISM

Välikaabli hooldusmehhanism on üks osa poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi projektist. Eesti Kaitseväes teostatakse pidevalt välikaablite hooldamist, kuid probleem on metoodikas mismoodi seda tehakse. Tulenevalt eeltoodust projekteeriti uudne välikaablite hooldusmehhanism, mis toimis efektiivsemalt. Selleks leiti lahendus, mille opereerimiseks oli vaja maksimaalselt ühte inimest. Sellist hooldusmehhanismi oli lihtne projekteerida omades informatsiooni inventari kohta, mida kasutatakse tänapäevases Eesti Kaitseväes.

Käesoleval ajal kasutatakse Eesti Kaitseväes välikaabli hooldamisel ja puhastamisel vähemalt nelja inimest. Esimene inimene hoiab kinni välikaabli rakmeid, millel on peal pool koos hooldamata välikaabliga. Teine inimene hoiab kinni välikaablist koos õlitatud puhastusrätti või kaltsuga, et eemaldada välikaablilt liigne mustus. Kolmas inimene hoiab käega kinni välikaablist koos vähesel määral õlitatud puhastusrätti või kaltsuga, et välikaabel ei oleks liiga õline ning suunab välikaablit poolile nii, et see jaotuks ühtlaselt tühjale poolile. Neljas inimene kerib käsivändaga välikaablit tühjale poolile kasutades kaabli rakmeid. See meetod on ajakulukas ning nõuab suurt inimressurssi. Selle probleemi lahendamiseks projekteeriti hooldusmehhanism, mis suudaks väiksema inimressursiga hooldada välikaablit. Järgnevalt vaatleme hooldusmehhanismi valmistamise materjale ja meetodeid.

5.1. Hooldusmehhanismi materjal ja meetootika

Hooldusmehhanism koostati kasutades lehtmaterjali, mida painutati vastava koostu saamiseks. Lehe lõikamiseks kasutati Ermaksan Fibermax Momentum Gen-3 laserlõikuspinki ja painutamiseks Trumpf Trubend 5130.

Tabel 5.1. DOMEX 355MC materjali omadused [17].

Materjal	Paksus	Voolepiir R_{eh} (min. MPa)	Tõmbetugevus R_m (MPa)	Katkevenivus A_{80} (min. %)	Min. sisepainde a 90° paindel
DOMEX 355MC	1.80-3	355	430-550	23	0.2xt ¹⁾

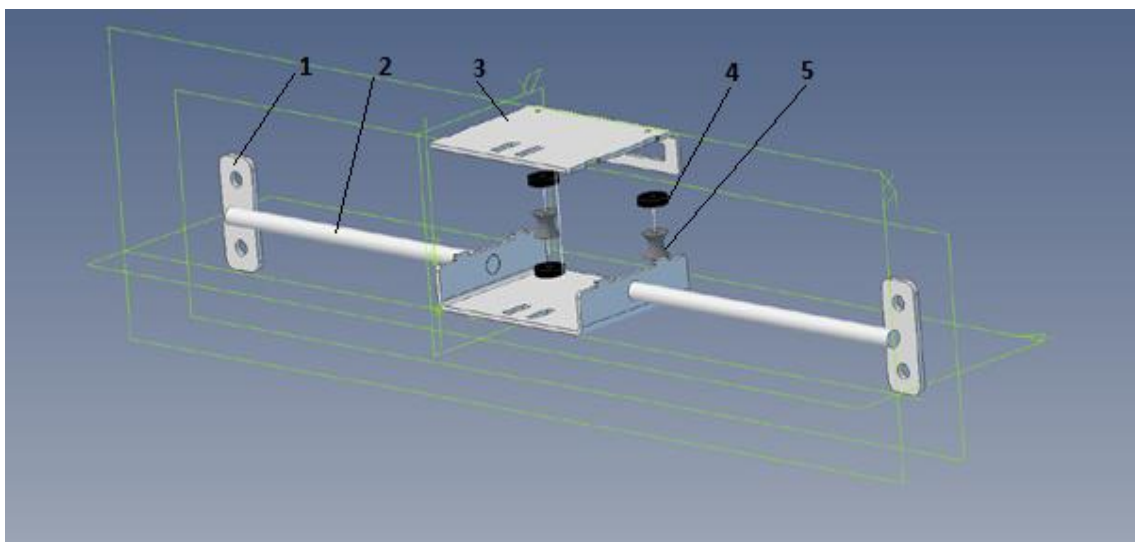
Märkused:

1) t - materjali paksus.

DOMEX 355MC materjali on sobilik kasutada painutamisel sellepärast, et ta vajab vähesel määral korrektsioone Trumpf Trubend 5130 painutuspingis. Korrektsioonid varieeruvad painde nurgast ja külje pikkusest [17].

Mehhanismi koostamisel tuli lähtuda lihtsusest, et seda oskaks iga inimene kasutada. Käsna kasutatakse paljude majapidamises pindade hooldamisel või nõude pesemisel. Samadel eesmärkidel on neid vaja ka kaitseväes. Selletõttu saab neid vajadusel kasutada ka välikaablite hooldamisel. Hooldusmehhanism peaks võimaldama kasutada lisaks käsna ka puhastusrätti või kaltsu. Selleks koostati vastav käsna hoidja ja puhastusräti kinnitaja, et need suudaksid efektiivselt välikaablit hooldada.

Töös kasutati kahte käsna mõõtudega 85x55x27. Hooldusmehhanismi jaoks oli tarvis käsnaid maksimaalselt kokku suruda. Selle saamiseks suruti mõlemad käsnaid horisontaalsel pinnal üksteise peale kokku läbimõõduga 17 mm. Käsnaide kokku surumisel laius ei muutunud, laiuks oli 85 mm. Samas tuli tagada välikaabli kaitstus, et see ei saaks hooldusmehhanismi töölerakendamisel kahjustada. Selleks lisati kaks rullikut, mida mööda sai välikaabel liikuda. Rullikud fikseeriti karbi sisse mõlemasse äärde. Välikaabel liikus kõrguse suhtes suunamismehhanismil otse, kuid suunamismehhanism liikus karbi suhtes vasakule ja paremale. Seega oli rullikuid vaja ainult külgedele.



Joonis 5.1. Hooldusmehhanismi koost, kus 1 – kinnitusplaat raamiga, 2 – 8 mm ümarlatt, 3 – karbi koost, 4 – puks, 5 – rullik.

Poolautomaatne välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi projektis oli ette nähtud, et hooldusmehhanism peab olema eemaldatav. Selleks keevitati mõlemale küljele sama pikkusega 8 mm diameetriga ümarlatid ja nende otstesse 3 mm paksusega plaadid koos M8 poldi jaoks sobivate avadega. Poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi projekti raami külge tulid vastused, et hooldusmehhanismi poltidega fikseerida.

5.2. Hooldusmehhanismi prototüüp

Valmistati hooldusmehhanismi prototüüp selleks, et jälgida:

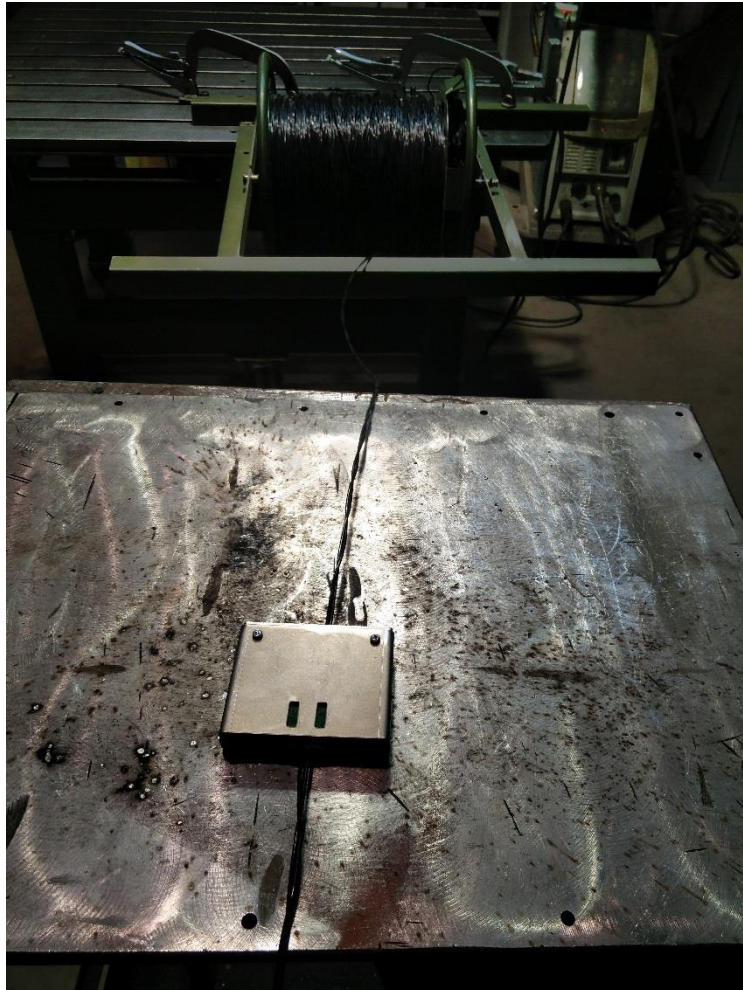
- 1) Kui hästi käsnad mahuvad vahele ja kas käsnad on piisavalt hästi fikseeritud?
- 2) Kui kerge on hooldusmehhanismi kasutada?
- 3) Kas välikaabel saab vabalt liikuda käsnade vahel?
- 4) Kas rullikud on õigesti positsioneeritud?
- 5) Kas on võimalik kasutada puhastusrätti või kaltsu?



Joonis 5.2. Hooldusmehhanismi koost.

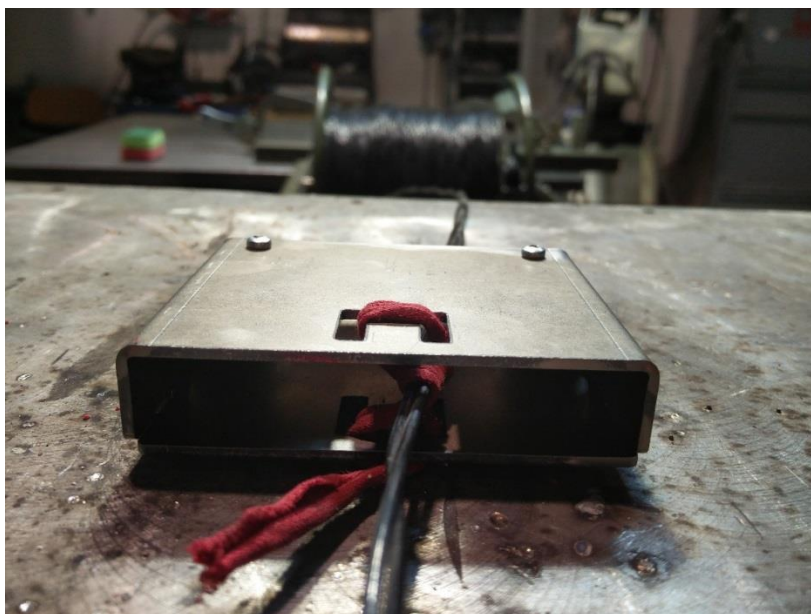
Joonisel 5.2. on näha hooldusmehhanismi koost koos kahe käsnaga. Käsnad sobisid hooldusmehhanismi hästi. Nad olid piisavalt kokkusurutud. Kui käsnad olid maksimaalselt

sisse lükatud nii, et nad jäid äärega tasa, siis oli neid raske kätte saada. Selleks, et see probleem lahendada tuli teha detailidele soon, kust oleks võimalik käsnu kinni haarata ja välja tõmmata.



Joonis 5.3. Hooldusmehhanismi koost koos käsnadega, mida läbib välikaabel.

Joonisel 5.3. on näha hooldusmehhanismi, milles on käsnad sees ja kaabel läheb nende vahelt läbi. Tagaplaanil on näha pooli koos rakmetega, kus pool saab vabalt pöörelda. Välikaabel sai käsnade vahel vabalt liikuda ja rullikud olid õigetel positsioonidel. Hooldusmehhanismi ettevalmistamine välikaabli puhastamiseks nägi välja selline, et algselt tõmmati välikaabli hooldusmehhanismist läbi ning seejärel lisati käsnad. Kui käsnad paigutada eelnevalt hooldusmehhanismi, siis ei ole võimalik kuidagi välikaablit läbi tuua.

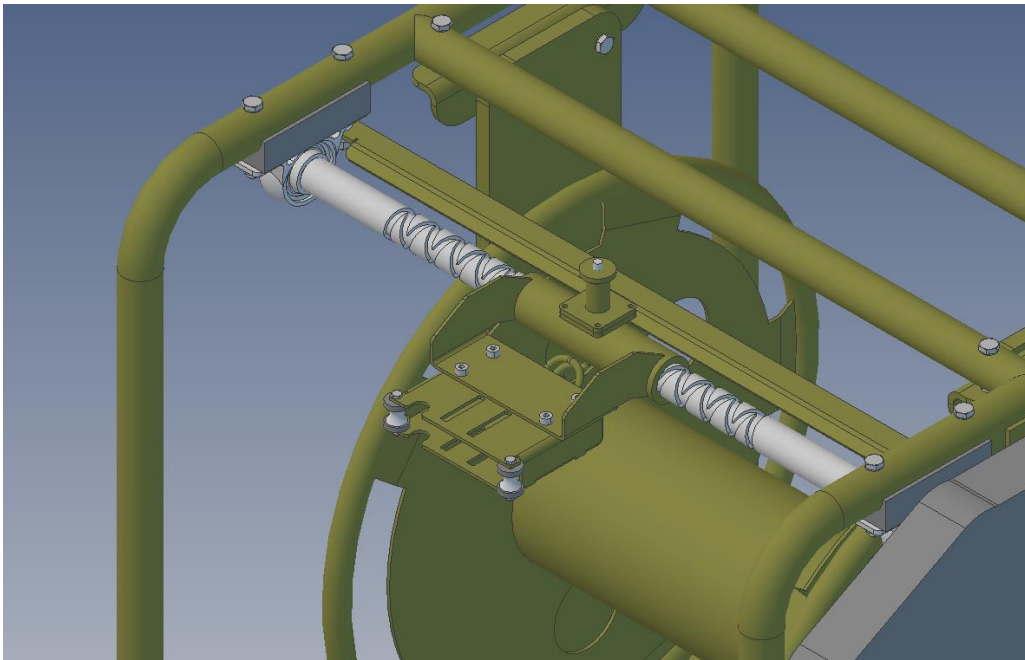


Joonis 5.4. Hooldusmehhanismi koost koos kaltsu ribaga.

Joonisel 5.4. on kujutatud hooldusmehhanismi, kus välikaabli puhastamiseks kasutati kaltsu. Prototüübil oli projekteeritud kaks paralleelset ava, mida oli võimalik kasutada kaltsu kinnitamiseks. Kaltsu või puhastusräti kinnitamisel tuli läheneda loominguiliselt ja proovida erinevaid meetodeid. Pärast prototüübi koostamist tehti hooldusmehhanismi koostul vajalikud muudatused.

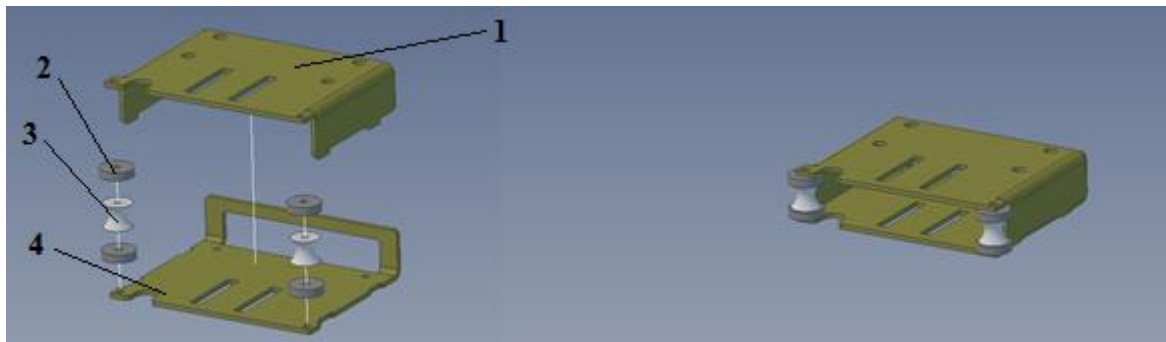
Algselt oli projekteeritud hooldusmehhanism eraldi ilma suunamismehhanismita. Praktikas oli nii et, kui suunamismehhanism liikus vasakule ja paremale mööda vööri, siis hooldusmehhanism oli keskelt fikseeritud. Hooldusmehhanismi versioon kaks oli lisatud suunamismehhanismi külge, nii et, kui suunamismehhanism liigub, siis liigub ka hooldusmehhanism. Suunamismehhanismile oli juurde keevitatud hooldusmehhanismi kinnitusplaat. Hooldusmehhanism oli kinnitatud kinnitusplaati külge nelja M4 poldiga. Poldid olid lisatud selleks, et oleks võimalik kasutada moodulit ilma hooldusmehhanismita.

Hooldusmehhanismi avad kaltsu kinnitamiseks jäid pisut väikseks. Selletõttu muudeti ava mõõtmeid kaks korda suuremaks, et oleks võimalik suuremat kaltsu tükki avade külge kinnitada.



Joonis 5.5. Suunamismehhanismi koost hooldusmehhanismiga.

Nüüd kui hooldusmehhanism liigub koos suunamismehhanismiga pole enam vaja rullikuid hooldusmehhanismi sees. Selle tulemusena liigutati rullikud hooldusmehhanismi seest ettepoole otstes. Selline lahendus väldib lisa hõõrdumise tekkimist vale nurga all kokku keritavale välikaablile.

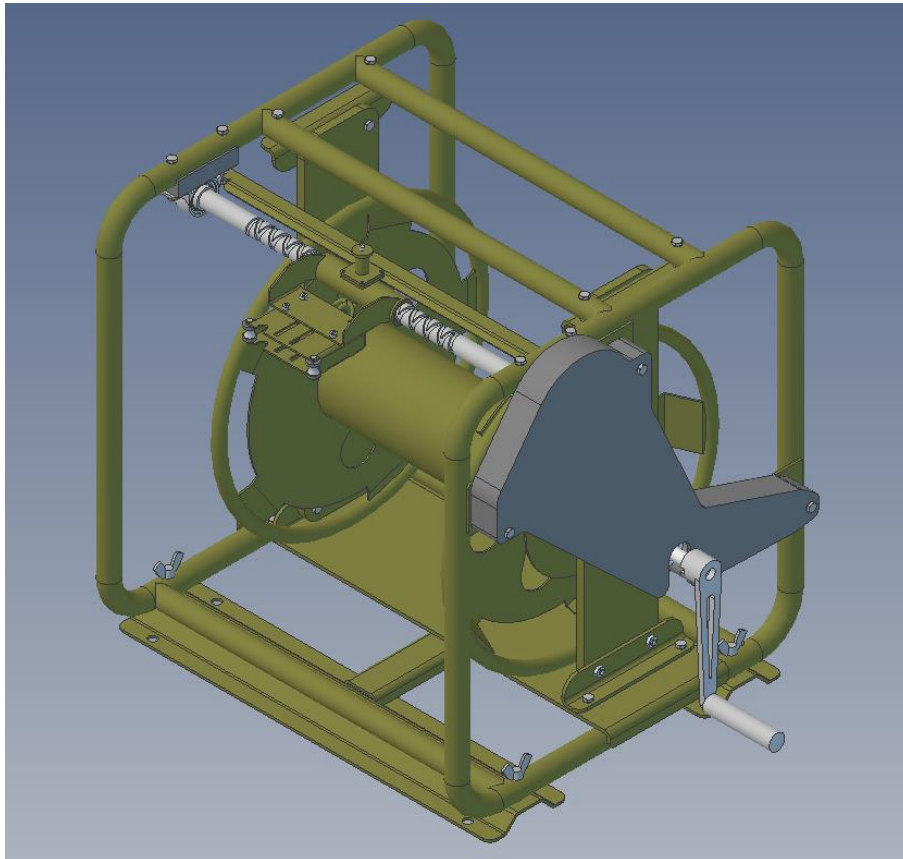


Joonis 5.6. Hooldusmehhanism koost versioon 2, kus kus 1 – Karbi ülemine pind, 2 – puks, 3 – rullik, 4 – karbi alumine pind.

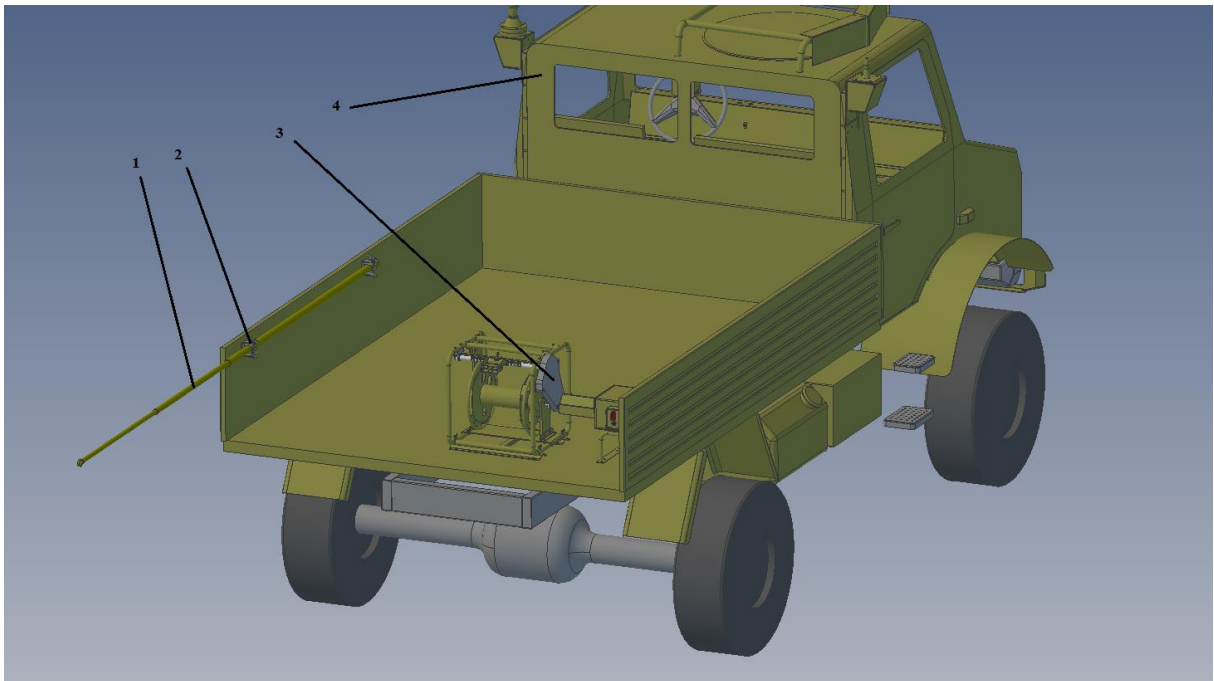
Hooldusmehhanism hooldab välikaablit vastavalt Eesti Kaitseväge poolt ette nähtud nõuetele. Tänu prototüübi koostamisele sai rohkem selgust, mida võiks täpsemalt muuta ning kuidas oleks võimalik seda efektiivsemalt kasutada. Mehhanismi iseenesest on lihtne kasutada nii käsnadega kui ka puhastusräti või kaltsuga.

6. POOLAUTOMAATNE VÄLIKAABLI KERIMIS- JA HOOLDUSMEHCHANISMI KOOST

Tagamaks seadme kasutamise ka olukorras, kus puudub elektritoide, varustati mehhanism võimalusega kasutada käsivänta. Moodul koostati nii sellepärast, et veetava ketiratta külge oleks võimalik panna kas painduv võlli haakeseadis või käsivänt. Käsivända lahendus koostati nii, et alles jääks ka ketikaitse. Mooduli projekteeriti selliselt, et käsiajami korral piisaks mooduli opereerimiseks ühest inimesest.



Joonis 6.1. Moodul käsivändaga.



Joonis 6.2. Kaablipooli moodul logistikasõidukis, kus 1 - kaablihark, 2 - kaablihargi kinnitus, 3 - Poolautomaante välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanism, 4 - Mercedes-Benz UNIMOG U1500L.

Joonisel 6.2. on kujutatud kaablipooli moodulit kinnituna logistikasõiduki kasti. Välikaablit keritakse kokku sõidusuunas. See tähendab seda, et kui moodul on sõiduki kasti, siis peab välikaabel kuidagi moodulini jõudma nii, et välikaablil ei tekiks lisa hõõrdumist. Selle jaoks on lisatud välikaabli hark.

Eelneva süsteemi alusel pidi kõndima inimene sõiduki taga koos välikaabli hargiga, selleks, et välikaabel saaks korrektselt sõidukist eemale viidud või selleks, et välikaabelile ei tekiks liigseid kulumise jälgi. Käesoleva mooduliga oleks nüüd võimalik rakendada see inimene teiste ülesannete täitmiseks. Kui kinnitada välikaabli hark logistikasõiduki kasti külge nii, et välikaabel saaks peale ja maha joosta ilma lisa kulumist tekitamata.

Kui välikaablit keritakse mooduliga kokku, siis tõenäoliselt peale tulev välikaabel on koguaeg pingul. Välikaabli pinge all olemine võib tuleneda maastikust või välikaabli sisenemise nurgast. Kui välikaabel on pinge all, siis see suurendab tõenäosust, et kaabel saab ühtlaselt poolile jaotatud.

7. HINNAANALÜÜS

Hinnaanalüüsis kajastatakse, milliseks kujunes seadme prototüübi maksumus. Kõik AT & G OÜ tootmistehnika, mida on kasutatud selle projekti koostamisel on arvestatud sisse AT & G OÜ kuludesse.

AT & G OÜ projektis kasutatud tootmistehnika:

- Trubend 5130 lehtpainutuspink
- Macri Provar 6-45U-D torupainutuspink
- Tetrix 351 AC/DC Smart FW TIG keevituspink
- Prima inserter MAXI 450 presspink
- Pacer 4008 ATC CNC freespink
- Liivaprits
- Metalliseerija

Tabel 7.1. Sisse ostetud detailide kulu tabel.

NIMETUS	GABARIIT (mm)	KOGUS (TK)	HIND TK (EUR)	HIND KOKKU (EUR)	TARNIJA
MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootor	263x142x125,25	1	96,3	96,3	Motion Dynamic Australia
12V - 48V alalisvoolumootori kiiruse kontrolleri	147x104x38,5	1	52	52	Motion Dynamic Australia
P 12 TF pukklaager	85,5x26x43,5	2	25	50	SKF
Cominteci elastne ülekoormussidur DSS/SG/P + GAS/SG	97,5x25x25	1	100	100	Comintec
Norelem kuullaagrid	4x10x10	2	10	20	Norlem
tumbler OTTO T9-CS1-23	55x15,5x32	2	30	60	Farnell
tumbleri kaitsmega TG-0001	45x20x27	2	35	70	Farnell
HPC potentsiomeeter	48x22,7x22,7	2	45	90	Farnell
Rullpukskett	-	5	18,45 eur/m	5m min. 92,25	Alas-kuul
painduva võlli haakeseadis	65x25x25	2	41,4	82,8	Norlem
CB0-16-10PC	39,9x32,7x32,7	1	30	30	-
			Kokku	653,35	

Lehtmetall detailidele lisandus laserlõikus, mis teostati, kas LGT konsultatsioonid OÜ või Torm Metall OÜ poolt [18,19]. Laserlõikuse hind jäi vahemikku 100 - 150 eurot.

Suunamisvõlli ja ülekandemehhanismi võllid koos ketiratastega saab valmistada ettevõttes LDS-Metall [20]. Sellel ettevõttel on nende detailide koostamiseks vastav tootmistehnika olemas. Täpset hinda detailide koostamiseks pole teada, kuid oletuslikult läheksid need kokku kuni 300 eurot.

PE300 plastmassi 2 m^2 materjali hind oli 80 eurot. Kõikide plastik detailide koostamiseks kulus kuni $0,5\text{ m}^2$ PE300 plastmassi paksusega 35 mm. Plastiku kulu oli 20 eurot.

Peale detailide painutamist, keevitamist, liivapritsimist ja metalliseerimist läksid detailid värvimisse. Värviti Eesti Kaitseväge kasutuses oleva värviga matt oliivrohelisteks. Värvimisele kulus ligikaudu 50 eurot.

Välised kulud olid ligikaudu 1,170 eurot. Prototüübi koostamiseks oleks AT & G OÜ antud toote hinnaks 3,110 eurot. Selle hinna sisse kuuluvad töötunnid, pressmutrid, kaablid, poldid, tootmistehnika ja energia kulud. Kokkuvõtlikult prototüübi koostamiseks kulub 4,280 eurot.

KOKKUVÕTE

Seadusandluses kajastatud informatsioonile baseerudes selgus, et kaitsetehnikale või sõjatehnikale ei ole seatud palju piiranguid. Eesti Kaitseväes kasutuses olevate kerimis- ja hooldusmehhanismi mooduli lahendustest järeldati, et sellist lahendust nagu käesolevas magistritöös on käsitletud Eesti Kaitseväe kasutuses ei ole. Samas vajadus sellise poolautomaatse mehhanismi vastu on olemas.

Käesolevas magistriprojekti koostati poolautomaatse kerimis- ja hooldusmehhanismi mooduli tehniline lahendus. Projekteeriti raam ja viidi läbi raami simulatsioon eesmärgiga tagada raami vastupidavus Eesti Kaitseväe tingimustes. Samuti projekteeriti põhjakinnitus, mis fikseerib raami kindlalt sõidukiga ja tagab mugava kasutuse raami paigaldamisel.

Töös teostati mootori, keti- ja ülekandemehhanismi arvutused. Arvutati välja mõistlik pöördemoment mehhanismi jaoks, milleks oli 8,3 Nm. Mootori maksimaalne pöördemoment oli 8,5 Nm. Järeldati, et suurem pöördemoment 8,5 Nm ei ole kahjulik moodulile sest, välikaabel peab ka suuremate koormuste vastu. Vahele paigaldati ka ülekoormussidur, mille maksimaalne pöördemoment on piiratud 8,0 Nm. Keti arvutuste käigus leiti, et 6 mm rullpukskett on piisav vastava mooduli jaoks.

Konstrueeriti lisaks suunamisvõll, mis tagab suunamismehhanismi liikumise vasakule ja paremale. Suunamismehhanism, mille ülekande suhe on üks neljale võrreldes trumliga. See mehhanism tagab ühtlase välikaabli jaotuse trumlile.

Hooldusmehhanismile koostati kaks prototüüpi. Esimest prototüüpi koostades selgus, kuidas saaks hooldusmehhanismi teha veel efektiivsemaks. Teist prototüüpi projekteerides lisati hooldusmehhanism suunamismehhanismi juurde, mis eemaldas välikaabli kerimisel tekkivad teravad nurgad. Sellist lahendust kasutades jaotub välikaabel paremini kaablipoolile.

Poolautomaatset välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi saab kasutada nii sõiduki kastis kui ka maastikul. Selleks, et saaks mootorit kasutada on vaja 24V pinget. Voolu puudumisel saab moodulit opereerida käsivändaga. Mõlemal juhul jääb kettülekanne alles, mis tagab suunamismehhanismi töötamise.

Hinnaanalüüsis on kokku võetud kulud, mis tulevad AT & G OÜ ettevõttest väljaspoolt, milleks oli 1,170 eurot ja AT & G OÜ ettevõtte poolt pakutud koostamise kulu, milleks oli 3,110 eurot. Kokku kulub prototüübi koostamiseks 4,280 eurot.

Projekti tuleks edasi arendada. Prototüüpi koostades selgus, milliseid muudatusi oleks vaja teostada, et moodul oleks veelgi efektiivsem. Käesolevas projektis sai juba hooldusmehhanism uuendatud. Projekti edasiarendamise käigus võivad mingil määral antud projektis kajastatud ja toodetud detailid muutuda.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Sidepataljon, LT VÕK Tapa VÕK, Üksik- vahipataljon, Viru Üksik jalaväe-pataljon, Kaitseväe Võru lahingukooli sõduri käsiraamat. Võru 2008. Veebilehekülg: <http://www.mil.ee/UserFiles/sisu/dok/Soduriopik.pdf> (02.02.2017)
- [2] Vikipeedia vaba entsüklopeedia. Raadioside. Veebilehekülg: <https://et.wikipedia.org/wiki/Raadioside> (02.02.2017)
- [3] Vikipeedia vaba entsüklopeedia. Traatside. Veebilehekülg: <https://et.wikipedia.org/wiki/Traatside> (02.02.2017)
- [4] Riigikogu (2010). Toote nõuetele vastavuse seadus §2 lõige 4: <http://www.riigiteataja.ee/akt/TNVS> (02.02.2017)
- [5] Riigikogu (2015). Seadme ohutuse seadus §2 lõige 3 punkt 1 : <https://www.riigiteataja.ee/akt/SeOS> (02.02.2017)
- [6] Riigikogu (2004). Jäätmeseadus §26 lõige 10: <https://www.riigiteataja.ee/akt/104042012005> (02.02.2017)
- [7] Traatside loomine: https://nktallinn.weebly.com/uploads/5/1/8/1/.../materjal_traatside_loomine_nk.doc (02.02.2017)
- [8] Benteler ettevõtte kodulehekülg. Õmblusteta täppisterastorud <http://www.benteler-distribution.ee/tooted/keevitatud-taepisterastorud.html> (02.02.2017)
- [9] Igor Penknov. Põhiõppe projekt näide <http://www.mh.ttu.ee/igor/MHE0050%20P-Projekt%20Avalik/3-MHE0050%20Naide.pdf> (02.02.2017)
- [10] Motion Dynamic Australia kodulehekülg: <https://www.motiondynamics.com.au/> (03.04.2018)
- [11] Part community kodulehekülg: <https://b2b.partcommunity.com/community/> (20.04.2018)
- [12] Farnell kodulehekülg: <http://ee.farnell.com/> (18.04.2018)
- [13] Wippermann kataloog: <http://www.ttcprogress.ru/files/f3fx80dot/Wippermann%202015.pdf> (19.04.2018)
- [14] CAD mudelite lehekülg poltide, mutrite, ülekoormussiduri ja haakeseadmete jaoks: <https://www.traceparts.com/en> (20.04.2018)
- [15] SKF koduleheküljelt valitud pukklaagrid ja pukklaagri CAD joonis: <http://skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/y-bearing-plummer-block-units/index.html?designation=P%2012%20TF> (24.04.2018)

[16] Hendre, E., Herranen, H., Karjust, K., Kers, J., Krustok, J., Kulu, P., Käerdi, H., Kübarsepp, J., Laansoo, A., Lend, H., Otto, T., Põdra, P., Riives, J., Saarna, M., Sergejev, F., Tiidemann, T., Veinthal, R., Mehaanikainseneri käsiraamat. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2012 (02.02.2017)

[17] SSAB DOMEX 355MC. Veebilehekül:
<https://www.ssab.com/products/brands/ssab-domex-%20structural-steel/products/ssab-%20domex-355mc> (02.02.2017)

[18] LGT konsultatsioonid OÜ kodulehekül: <http://www.lgt.ee/et/kontakt/> (28.04.2018)

[19] Torm Metall OÜ kodulehekül: <http://torm.ee/> (28.04.2018)

[20] LDS-Metal kodulehekül: <http://www.ldsmetall.eu/> (28.04.2018)

SUMMARY

Based on the information provided by the legislation, it turned out that there was not many restrictions on defence technology or military equipment. In the existing solutions, it was concluded that the Estonian Defence Forces do not have this kind of a device, but there is need for it.

The project brings out the technical solution of the semi-automatic winding and maintenance mechanism module. For example, the frame which is sufficiently durable, is in an acceptable condition for the Estonian Defence Forces. Frame fixation that fixes the frame firmly to the vehicle, provides comfort use when removing and reattaching the frame with the vehicle.

The calculations for the motor, chain and transmission mechanism were deduced. A reasonable torque of 8.3 Nm was calculated for the mechanism. The motor has a maximum torque of 8.5 Nm, but a slightly higher torque is not detrimental to the module, because the army cable can withstand much higher load. An overload clutch was also included, with a maximum torque of 8.0 Nm. From the chain calculations it was found that a 6 mm wide chain is sufficient for the corresponding module.

A directional shaft with 14 helix cuts was projected to ensure the correct movement of the routing mechanism. Routing mechanism transmission ratio was one in four compared to a spool. This mechanism ensures the even distribution of the army cable to the spool.

Two prototypes were constructed of the maintenance mechanism. When the first prototype was constructed, it was seen that the maintenance mechanism could be made even more efficiently. When designing the second prototype, the maintenance mechanism was added to the routing mechanism to remove the sharp angles created by the first solution. When using this solution, the army cable will be distributed more evenly onto the spool.

The semi-automatic winding and maintenance mechanism can be used on the terrain as well in the vehicle. 24 voltage is required to use the motor. If there is no power, then the module can be operated with a hand crank. In both cases, the chain transmission remains, which ensure the routing mechanism work.

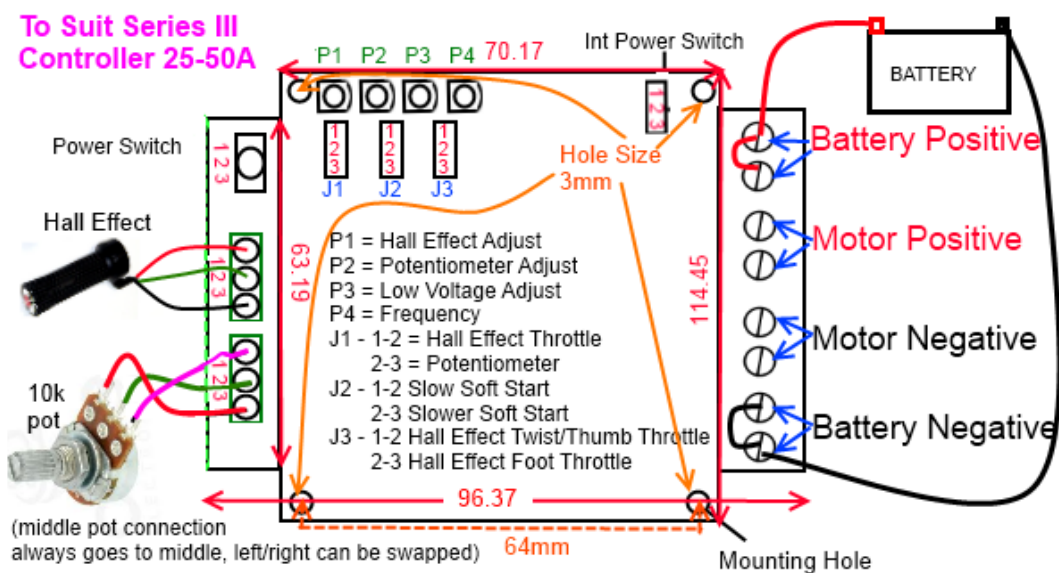
The cost analysis summarizes the costs incurred by AT & G OÜ outside of the company, which was € 1,170, and the cost of compilation proposed by AT & G OÜ, which was € 3,110. The total cost of the prototype is € 4280.

The project is not final. By designing the prototype it is more clearer what needs to be changed and how to make the module more efficient. The maintenance mechanism was already upgraded in this project. In the course of development, the details can change.

LISAD

Lisa A.

Lisa A. on alalisvoolumootori kiiruse kontrolleri skeem. Selles skeemis on välja toodud, kuhu tuleb ühendada voolu lüliti, akud, alalisvoolumootor ja potentsiomeeter. Lisaks on joonisel näha, kus saab reguleerida Halli efekti, potentsiomeetrit, pinget ja sagedust.



Poolautomaatse välikaabli kerimis- ja hooldusmehhanismi tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Raam, hüdraulika toru E235	TA 18/150030 B 01 01 D	1
2	Pooli kinnitus plaat, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 01 02 D	2
3	Kaablipooli kinnitus , DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 04 D	4
4	Keti vedav hammasratas, S335JR	TA 18/150030 B 01 04 D	1
5	Keti veetav hammasratas, S335JR	TA 18/150030 B 01 05 D	1
6	Võll T1, S335JR	TA 18/150030 B 01 06 D	1
7	Keti pingutus hammasratas, S335JR	TA 18/150030 B 01 07 D	1
8	Distantspuks 13,4 mm, S335JR	TA 18/150030 B 01 08 D	1
9	Ketikaitse, PE300	TA 18/150030 B 01 09 D	1
10	Võll T2, S335JR	TA 18/150030 B 01 10 D	1
11	Ülekande kaitse, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 11 D	1
12	Pooli kinnitus alumine, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 12 D	1
13	Ilma peata sõrm D5 - 20 mm	TA 18/150030 B 01 13 D	1
14	Põhjakinntus T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 02 01 D	1
15	Põhjakinntus T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 02 02 D	1
16	Hooldusmehhanism T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 03 01 D	1
17	Hooldusmehhanism T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 03 02 D	1
18	Rullik, S335JR	TA 18/150030 B 03 04 D	2
19	Distantspuks 3,25 mm, S335JR	TA 18/150030 B 03 05 D	4
20	Mootori kinnitus T1, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 04 01 D	1
21	Mootori kinnitus T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 04 02 D	1
22	Mootori kinnitus T3, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 04 03 D	1
23	Mootori alusraam, S335JR	TA 18/150030 B 04 04 D	1
24	Puldi kinnitus, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 04 05 D	1
25	Pult T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 05 01 D	1
26	Pult T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 05 02 D	1
27	Suunamismehhanism T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 06 01 D	1
28	Suunamismehhanism T2, S335JR	TA 18/150030 B 06 02 D	1
29	Suunamismehhanism T3, S335JR	TA 18/150030 B 06 03 D	1
30	Suunamismehhanism T4, S335JR	TA 18/150030 B 06 04 D	1
31	Suunamismehhanism T5, S335JR	TA 18/150030 B 06 05 D	1
32	Suunamismehhanism T6, S335JR	TA 18/150030 B 06 06 D	1
33	Pukklaagri kinnitus, PE300	TA 18/150030 B 06 07 D	2
34	suunamismvõll, S335JR	TA 18/150030 B 06 08 D	1
35	Suunamismehhanismi fiksaator, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 06 09 D	1
36	Ilma peata sõrm D2,25 - 9 mm	TA 18/150030 B 06 10 D	2
37	MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootor		1

38	12V - 48V alalisvoolumootori kiiruse kontroller		1
39	P 12 TF pukklaager	_P 40_231100503	2
40	Cominteci elastne ülekoormussidur DSS/SG/P + GAS/SG	00_47_dss_f_sg_p_d14	1
41	Norelem kuullaagrid	23800-100301004	2
42	tumbler OTTO T9-CS1-23		2
43	tumbleri kaitsmega TG-0001		2
44	HPC potentsiomeeter	_hpc_101	2
45	Rullpukskett		5
46	painduva võlli haakeseadis	23012-1050	2
47	Pistik	CB0-16-10PC	1
48	M8 pressmutter	TR-CLS-M8-2	8
49	M6 pressmutter	TR-S-M6-1-ZI	21
50	M4 pressmutter	TR-S-M4-2-ZI	31
51	Polt M6x35	07170-06x35	4
52	Liblikpolt M8x35	210218-8x35	4
53	Polt M6x60	07170-06x60	2
54	Polt M6x45	07170-06x45	5
55	Polt M6x30	071170-06x30	12
56	Mutter M6	07210-06	2
57	Mutter M4	07210-04	2
58	Polt M4x40	07100-104x40	2
59	Polt M3x25	101013x25	2
60	Mutter M3	07210-03	2
61	Polt M4x6	07160-104x6	4
62	Polt M4x10	07160-104x10	23
63	Polt M8x18	07160-108x18	4
64	Peitpea polt M4x10	0715-104x10	7
65	Polt M3x8	101013x8	4
66	Stopperseib 11,9 mm	221760-13	2
67	Distantpuks 10 mm		2
68	Vedru D 8 - 8 mm		1

Raam koos ülekandemehhanismiga koostu tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Raam, hüdraulika toru E235	TA 18/150030 B 01 01 D	1
2	Pooli kinnitus plaat, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 01 02 D	2
3	Kaablipooli kinnitus , DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 04 D	4
4	Keti vedav hammasratas, S355JR	TA 18/150030 B 01 04 D	1
5	Keti veetav hammasratas, S335JR	TA 18/150030 B 01 05 D	1
6	Võll T1, S335JR	TA 18/150030 B 01 06 D	1
7	Keti pingutus hammasratas, S335JR	TA 18/150030 B 01 07 D	1
8	Distantspuks 13,4 mm, S335JR	TA 18/150030 B 01 08 D	1
9	Ketikaitse, PE300	TA 18/150030 B 01 09 D	1
10	Võll T2, S335JR	TA 18/150030 B 01 10 D	1
11	Ülekande kaitse, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 11 D	1
12	Pooli kinnitus alumine, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 01 12 D	1
13	Ilma peata sõrm D5 - 20 mm	TA 18/150030 B 01 13 D	1
14	M6 pressmutter	TR-S-M6-1-ZI	21
15	painduva võlli haakeseadis	23012-1050	2
16	Cominteci elastne ülekoormussidur DSS/SG/P + GAS/SG	00_47_dss_f_sg_p_d14	1
17	Norelem kuullaagrid	23800-100301004	2
18	Liblikpolt M8x35	210218-8x35	4
19	Polt M6x35	07170-06x35	4
20	Polt M6x60	07170-06x60	2
21	Polt M6x45	07170-06x45	5
22	Polt M6x30	071170-06x30	12
23	Mutter M6	07210-06	2
24	Mutter M4	07210-04	2
25	Polt M4x40	07100-104x40	2
26	Polt M4x10	07160-104x10	3

Hooldusmehhanismi koostu tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Hooldusmehhanism T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 03 01 D	1
2	Hooldusmehhanism T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 03 02 D	1
3	Rullik, S335JR	TA 18/150030 B 03 04 D	2
4	Distantspuks 3,25 mm, S335JR	TA 18/150030 B 03 05 D	4
5	Polt M3x25	101013x25	2
6	Mutter M3	07210-03	2
7	M4 pressmutter	TR-S-M4-2-ZI	4
8	Polt M4x6	07160-104x6	4

Mootori koostu tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Mootori kinnitus T1, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 04 01 D	1
2	Mootori kinnitus T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 04 02 D	1
3	Mootori kinnitus T3, alumiinium 6061-T6	TA 18/150030 B 04 03 D	1
4	Mootori alusraam, S335JR	TA 18/150030 B 04 04 D	1
5	Puldi kinnitus, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 04 05 D	1
6	tumbler OTTO T9-CS1-23		1
7	tumbleri kaitsmega TG-0001		1
8	HPC potentsiomeeter	_hpc_101	1
9	Pistik	CB0-16-10PC	1
10	M8 pressmutter	TR-CLS-M8-2	4
11	Polt M4x10	07160-104x10	18
12	Polt M8x18	07160-108x18	4
13	Peitpea polt M4x10	0715-104x10	3
14	M4 pressmutter	TR-S-M4-2-ZI	21
15	MY1020Z Dayton 500W alalisvoolumootor		1
16	12V - 48V alalisvoolumootori kiiruse kontroller		1

Puldi koostu tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Pult T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 05 01 D	1
2	Pult T2, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 05 02 D	1
3	tumbler OTTO T9-CS1-23		1
4	tumbleri kaitsmega TG-0001		1
5	HPC potentsiomeeter	_hpc_101	1
6	Polt M4x10	07160-104x10	2
7	M4 pressmutter	TR-S-M4-2-ZI	6
8	Peitpea polt M4x10	0715-104x10	4

Suunamismehhanismi koostu tükitabel.

Osa	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
1	Suunamismehhanism T1, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 06 01 D	1
2	Suunamismehhanism T2, S335JR	TA 18/150030 B 06 02 D	1
3	Suunamismehhanism T3, S335JR	TA 18/150030 B 06 03 D	1
4	Suunamismehhanism T4, S335JR	TA 18/150030 B 06 04 D	1
5	Suunamismehhanism T5, S335JR	TA 18/150030 B 06 05 D	1
6	Suunamismehhanism T6, S335JR	TA 18/150030 B 06 06 D	1
7	Pukklaagri kinnitus, PE300	TA 18/150030 B 06 07 D	2
8	suunamisvõll, S335JR	TA 18/150030 B 06 08 D	1
9	Suunamismehhanismi fiksaator, DOMEX 355MC	TA 18/150030 B 06 09 D	1
10	Ilma peata sõrm D2,25 - 9 mm	TA 18/150030 B 06 10 D	2
11	Distantspuks 10 mm		2
12	Vedru D 8 - 8 mm		1
13	Stopperseib 11,9 mm	221760-13	2